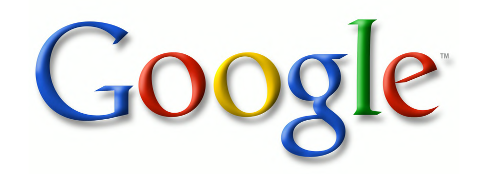
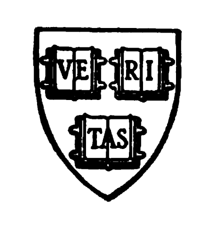



VE RI
TAS

ANNALES

DE

L'OBSERVATOIRE ROYAL DE BRUXELLES.

Appendice à la nouvelle série des Annales astronomiques.

VADE-MECUM DE L'ASTRONOME

PAR

J. C. HOUZEAU,

DIRECTEUR DE L'OBSERVATOIRE.

"2"

BRUXELLES,

F. HAYEZ, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE,

rue de Louvain, 108.

1882.

VADE-MECUM DE L'ASTRONOME.

INTRODUCTION.

Nous avons publié, en 1878, dans le tome Ier des *Annales astronomiques de l'Observatoire de Bruxelles,* nouvelle série, un Répertoire des constantes de l'Astronomie, dans lequel nous avons tâché de réunir non-seulement les meilleures valeurs numériques des différentes constantes, mais la succession des valeurs obtenues, pour chaque élément, à mesure du progrès des recherches.

L'importance des mesures, dans les sciences, est connue de tous. Le temps et le travail que l'on consacre à déterminer les grandeurs de toutes les quantités susceptibles d'une évaluation rigoureuse, en montre suffisamment le prix. Ce sont, en effet, ces données numériques qui servent de base à notre conception géométrique de l'univers. Aussi l'utilité de rassembler, sous une forme systématique, les résultats de toutes les mesures, a-t-elle été souvent indiquée. On sait que *Babbage* s'était proposé, un instant, un travail de ce genre, embrassant toutes les sciences qui emploient des déterminations fondées sur des nombres. Le physicien, le chimiste, l'anthropologiste, y auraient trouvé, aussi bien que le cristallographe ou l'astronome, les éléments numériques appartenant aux différentes branches des connaissances humaines.

Dans un ouvrage qui date d'un demi-siècle, *John Herschel* insistait aussi sur l'importance et l'utilité de réunir en une sorte de tableau les données numériques des sciences (1). En chimie comme en physique, comme en astronomie, c'est, dit-il, l'élément

(1) Herschel, J., A preliminary discourse on the study of natural philosophy, 8°, London, 1830; art. 222-224.

CHAPITRE VI.

PHYSIQUE ASTRONOMIQUE.

—

Nous comprenons, dans le présent chapitre, ce qui concerne les applications de la physique à l'Astronomie. Ces applications se rattachent pour la plupart à l'optique. Nous laisserons de côté, comme appartenant au domaine de la physique proprement dite, la théorie des phénomènes et toutes les considérations générales, pour envisager les différentes questions sous un point de vue strictement astronomique. Ainsi nous ne traiterons pas de la réfraction en général, comme phénomène optique, mais seulement de la réfraction astronomique; nous n'aborderons de même la photométrie et la spectroscopie que dans leur application directe aux différents astres. Nous laisserons aussi complètement à l'optique les conditions mathématiques de l'achromatisme des lentilles, pour nous occuper seulement, dans le chap. XXVII, de la construction pratique des réfracteurs.

§ 125. RÉFRACTION : EXISTENCE ET THÉORIE.

C'est *Archimède* qui, au — IIIe siècle, a eu la première idée de la réfraction astronomique (*Théon* d'Alexandrie, Commentaire sur la Composition mathématique de Ptolémée, traduit par *Halma*, 3 vol. 4°, Paris; t. I, 1821, p. 28). *Ptolémée* n'ignorait pas que l'inflexion des rayons lumineux dans l'atmosphère a un effet sur la position apparente des astres (Ptolemaeus, MCo, lib. VIII, cap. 6). Il en parle également dans le lib. V de son Optica, qui n'existe encore qu'en manuscrit. Mais *Sextus* Empiricus est plus précis. Il dit (Adversus mathematicos [G], lib. V) que par l'inflexion des rayons, les astres qui sont encore un peu au-dessous de l'horizon paraissent comme s'ils étaient au-dessus de ce plan. *Delambre* (Histoire de l'Astronomie ancienne, 2 vol. 4°, Paris; t. II, 1817, p. 549) a reproduit le texte grec de ce passage.

Vers la fin du XIe siècle, le grand astronome arabe *Alhasen*, considéra méthodiquement le phénomène de la réfraction dans l'atmosphère (*Alhazenus*, Optica, lib. VII, prop. 15; dans *Risner*, Opticae thesaurus, fol., Basileae, 1572). Au XIIIe siècle, Roger *Bacon* en décrit les effets sur la position apparente des étoiles, selon que celles-ci sont élevées ou basses sur l'horizon (Opus majus, fol., Londini, 1733; p. 79). Dans ce dernier cas, l'inflexion est notable, et c'est dans cette condition qu'il était naturel qu'on s'en occupât d'abord.

Mais la première table auxiliaire pour appliquer les corrections fut donnée par *La Caille* (Paris, H & M, 1755, 547).

L'exactitude des calculs dépendait surtout, au point de vue pratique, de la constitution attribuée à l'atmosphère. Le travail de *Hermann*, mentionné ci-dessous, est le premier dans lequel on ait employé une logarithmique, pour représenter la loi des densités des couches d'air :

1628. Hermann, J. Disquisitio dioptrica de curvatura radiorum visivorum atmosphaeram trajicientium. Lipsia, AcE, 1706, 256.

Jacques *Cassini* supposait circulaire la trajectoire du rayon de lumière dans l'atmosphère (Paris, H & M, 1714, 55). On n'avait pas encore une idée bien nette de la nature de cette courbe.

Les équations différentielles de la réfraction furent posées vers cette époque par Brooke *Taylor* (Methodus incrementorum directa et inversa, 4°, Londini, 1715); toutefois cet analyste ne parvint pas à les intégrer. *Bouguer* vint ensuite. Sa théorie de la réfraction se trouve dans son mémoire couronné en 1729 :

1629. Bouguer, P. De la méthode d'observer exactement sur mer la hauteur des astres [1729]. Paris, Rec, II, 1748, n° 4.

Il cherche expérimentalement, par la réfraction même, les constantes qui sont liées à la décroissance des densités dans l'atmosphère. Il nomme « solaire » la courbe décrite dans l'air par le rayon lumineux.

Jacques *Bernoulli* (Opera, 2 vol. 4°, Genevae, 1744; t. II, p. 1063) regardait cette courbe comme une logarithmique, et Jean *Bernoulli* (Opera omnia, 4 vol. 4°, Lausannae & Genevae, 1742; t. III, p. 516) comme une parabole ou une hyperbole.

Le premier Daniel *Bernoulli*, en s'occupan[illegible] ...tte question (Hydrodynamica, 4°, Argentorati, 1738; p. 221) prit une const[illegible] d'atmosphère simple, mais purement hypothétique.

Roemer avait cru qu'à de grandes élévations au-dessus de la mer, la réfraction est plus forte que dans les plaines (*Horrebow*, P_1, Atrium Astronomiae, 4°, Havniae, 1732; p. 6, 83). *Bouguer*, revenant sur la question lors de son voyage au Pérou, trouva le contraire; et il fit une étude des variations qui dépendent des différentes affections de l'atmosphère :

1630. Bouguer, P. Sur les réfractions astronomiques dans la zone torride. Paris, H & M, 1739, 407; 1749, 105.

Mais la première formule à la fois commode et approchée fut celle que présenta *T. Simpson*, et qui est connue sous son nom comme « règle de *Simpson*. » (Mathematical dissertations, 4°, London, 1743). C'est d'après cette formule que *Bradley* composa, en 1755, la table qui se trouve dans Bradley, Obs, I, 1798, p. XXXV. *Simpson*

Les réfractions considérables du voisinage de l'horizon s'étaient, en effet, manifestées à *B. Walther*, en 1489 (*Regiomontanus & Waltherus*, Observationes trigentorum annorum Norimbergae habitae, 4°, Norimbergae, 1544; réimprimé dans *Snellius*, Coeli et siderum in eo errantium observationes hassiacae, 4°, Lugduni Batavorum, 1618, p. 51, et part. II, p. 35). Jusque-là cependant les astronomes n'apportaient pas d'attention régulière à ce phénomène.

En 1602, Tycho *Brahé* fit faire un pas à la question pratique, en donnant une table des réfractions, qu'il croyait différentes selon qu'il s'agissait du Soleil ou des étoiles, et en appliquant pour la première fois de ce chef une correction, dans la réduction des observations (Brahe, Opa, 1648, p. 51, 216). Il croyait, du reste, que les réfractions sont sujettes à des variations (Ibid., p. 39).

Képler fut le premier à affirmer que la réfraction dépend seulement de la hauteur apparente de l'astre, et non de sa distance. Il fut aussi le premier qui tenta de calculer la déviation du rayon lumineux. Il partait de la supposition d'une atmosphère de densité uniforme (*Keplerus*, Ad Vitellionem paralipomena, 4°, Francofurti, 1604; cap. 4, p. 120. — Reproduit : Keplerus, Opa, II, 1859, 176).

Tycho *Brahé* avait déjà remarqué, comme on vient de le voir, que les réfractions ne sont pas toujours les mêmes. *Riccioli* rattache ces variations à celles de la température (Ricciolus, Alm, II, 1651, 668). Les réfractions avaient, suivant lui, des valeurs différentes, en été, aux équinoxes et en hiver. *J. D. Cassini* vit que la déviation du rayon lumineux était plus grande en hiver qu'en été, et la nuit que le jour, et *Picard* établit positivement que ces différences suivaient celles de la température, les réfractions étant plus grandes quand il fait plus froid (Le Monnier, His, 1741, 19).

Halley essaya un peu plus tard d'indiquer la valeur numérique de la différence :

1627. Halley, E. On allowances to be made in astronomical observations for the refraction of the air, with an accurate table of refractions. London, PTr, 1702, 169.

J. D. Cassini, en empruntant aux observations de Tycho *Brahé* les grandes réfractions dans le voisinage de l'horizon, les faisait ensuite décroître, d'après la théorie de *Képler*, à mesure que la hauteur augmentait. Ses tables parurent d'abord dans les Ephemerides novissimae de *C. Malvasia*, fol., Mutinae, 1662.

On n'était pas alors bien certain que les réfractions allassent, bien qu'en s'affaiblissant, jusqu'au zénit même. *Richer*, par ses observations de Cayenne, en 1672, mit ce fait hors de doute (Paris, His, I, 1733, 168).

Newton aborda, par la considération de l'attraction, le phénomène de la constitution de l'atmosphère :

Newtonus, PPm, 1687, lib. II, prop. 22.

Il établit aussi la première règle pour les corrections dépendant de l'état du thermomètre et du baromètre.

Mais la première table auxiliaire pour appliquer les corrections fut donnée par *La Caille* (Paris, H & M, 1755, 547).

L'exactitude des calculs dépendait surtout, au point de vue pratique, de la constitution attribuée à l'atmosphère. Le travail de *Hermann*, mentionné ci-dessous, est le premier dans lequel on ait employé une logarithmique, pour représenter la loi des densités des couches d'air :

1628. Hermann, J. Disquisitio dioptrica de curvatura radiorum visivorum atmosphaeram trajicientium. Lipsia, AcE, 1706, 256.

Jacques *Cassini* supposait circulaire la trajectoire du rayon de lumière dans l'atmosphère (Paris, H & M, 1714, 55). On n'avait pas encore une idée bien nette de la nature de cette courbe.

Les équations différentielles de la réfraction furent posées vers cette époque par Brooke *Taylor* (Methodus incrementorum directa et inversa, 4°, Londini, 1715); toutefois cet analyste ne parvint pas à les intégrer. *Bouguer* vint ensuite. Sa théorie de la réfraction se trouve dans son mémoire couronné en 1729 :

1629. Bouguer, P. De la méthode d'observer exactement sur mer la hauteur des astres [1729]. Paris, Rec, II, 1748, n° 4.

Il cherche expérimentalement, par la réfraction même, les constantes qui sont liées à la décroissance des densités dans l'atmosphère. Il nomme « solaire » la courbe décrite dans l'air par le rayon lumineux.

Jacques *Bernoulli* (Opera, 2 vol. 4°, Genevae, 1744; t. II, p. 1063) regardait cette courbe comme une logarithmique, et Jean, *Bernoulli* (Opera omnia, 4 vol. 4°, Lausannae & Genevae, 1742; t. III, p. 516) comme une parabole ou une hyperbole.

Le premier Daniel *Bernoulli*, en s'occupan[illegible]tte question (Hydrodynamica, 4°, Argentorati, 1738; p. 221) prit une const[illegible] d'atmosphère simple, mais purement hypothétique.

Roemer avait cru qu'à de grandes élévations au-dessus de la mer, la réfraction est plus forte que dans les plaines (*Horrebow, P.*, Atrium Astronomiae, 4°, Havniae, 1732; p. 6, 83). *Bouguer*, revenant sur la question lors de son voyage au Pérou, trouva le contraire; et il fit une étude des variations qui dépendent des différentes affections de l'atmosphère :

1630. Bouguer, P. Sur les réfractions astronomiques dans la zone torride. Paris, H & M, 1739, 407; 1749, 105.

Mais la première formule à la fois commode et approchée fut celle que présenta *T. Simpson*, et qui est connue sous son nom comme « règle de *Simpson*. » (Mathematical dissertations, 4°, London, 1743). C'est d'après cette formule que *Bradley* composa, en 1755, la table qui se trouve dans Bradley, Obs, I, 1798, p. xxxv. *Simpson*

établit une relation simple, basée sur la considération de l'attraction, et contrôlée par des réfractions observées à diverses hauteurs.

La variation des pressions et des densités restait toujours le point épineux de cette théorie. *Euler* tint meilleur compte que ses devanciers du décroissement des températures à mesure qu'on s'élève, mais l'hypothèse qu'il fit sur la constitution de l'atmosphère n'est pas exacte :

1631. Euler, L. De la réfraction de la lumière en passant par l'atmosphère, selon les divers degrés tant de la chaleur que de l'élasticité de l'air. Berlin, H & M, 1754, 131.

La Caille (Paris, H & M, 1755, 563) croyait les réfractions un peu moindres au Cap de Bonne Espérance qu'à Paris.

L'ouvrage ci-dessous eut une certaine importance dans la suite de ces études. L'auteur, entre autres particularités, y développe en série l'expression de la réfraction :

1632. Lambert, J. H. Les propriétés remarquables de la route de la lumière par les airs; 8°, La Haye, 1759.

Traduction.

Merkwürdigste Eigenschaften der Bahn des Lichts durch die Luft (par *G. F. von Tempelhoff*); 8°, Berlin, 1772.

Ici se place le travail de

1633. Lagrange, J. L. de. Sur les réfractions astronomiques. Berlin, Mem₁, 1772, 259. — Reproduit : Lagrange, OEu, III, 1869, 519.

Mais jusque-là on n'était pas parvenu à intégrer les équations différentielles du problème. Voyez encore sur l'état de la question à cette époque, et sur les difficultés que cette recherche présentait :

1634. Boscovich, G. R. De refractionibus astronomicis. Boscovich, Ops, II, 1785, 398, 444.

Oriani fit bien voir sur quel point les tentatives d'intégration devaient particulièrement porter :

1635. Oriani, B. De refractionibus astronomicis. EpM, 1788, 164.

Kramp enfin arriva le premier à donner les intégrales exactes des formules de la réfraction :

1636. Kramp, C. Analyse des réfractions astronomiques et terrestres; 4°, Strasbourg, 1799.

Laplace introduisit ensuite dans le calcul la considération plus rigoureuse du décroissement de la température à mesure qu'on s'élève (Laplace, TMc, IV, 1805, liv. x, ch. 1).

On peut voir aussi sur l'influence des températures :

1637. Bessel, F. W. Thermometer-Verbesserungen der Strahlbrechung. Königsberg, Beo, VII, 1822, x.

Une constitution d'atmosphère un peu différente de celle admise par *Laplace* sert de base au travail de

1638. Ivory, J. On the astronomical refractions. London, PTr, 1823, 409.

Plana a fait voir, dans le même temps, que les équations différentielles posées par *Euler* et par *Lagrange* n'étaient pas tout à fait exactes :

1639. Plana, J. Recherches analytiques sur la densité des couches de l'atmosphère, et la théorie des réfractions astronomiques. Turin, Mem₂, XXVII, 1823, 143.

1640. Plana, J. Mémoire sur les réfractions astronomiques. Turin, Mem₂, XXXII, 1828.

En tête des observations astronomiques faites en 1822-1825 à l'Observatoire royal de Turin.

On peut encore prendre connaissance des travaux suivants :

1641. Young, T. A finite and exact expression for the refraction of an atmosphere nearly resembling that of the Earth. London, PTr, 1824, 159.

1642. Svanberg, J. Disquisitiones analyticae in theoriam refractionum astronomicarum. Nova acta societatis scientiarum upsaliensis, 4°, Upsaliae; t. IX, 1827, p. 89; t. XI, 1839, p. 29.

L'auteur représente par une somme de termes empiriques la densité de l'air à toutes les hauteurs.

1643. Schmidt, E. Theorie der astronomischen Strahlenbrechung; 4°, Göttingen, 1828.

Il donne une forme particulière à l'expression du décroissement de la température.

1644. Ivory, J. On the theory of the astronomical refractions. London, PTr, 1838, 169.

1645. Lubbock, J. On the theory of astronomical refractions. London, MAS, XXIV, 1856, 103.

1646. Gyldén, H. Untersuchungen über die Constitution der Atmosphäre und die Strahlenbrechung in derselben. Saint-Pétersbourg, Mem, X, 1867, n° 1; XII, 1869, n° 4.

1647. Weile[u]mann, A. Neue Studien über die Refraction. Wolf, Mth, III, 1872, 182, n° XXV.

Au point de vue particulièrement historique de la théorie des réfractions astronomiques, on consultera :

1648. Bruhns, C. Die astronomische Strahlenbrechung in ihrer historischen Entwickelung; 4°, Leipzig, 1861.

Dans les régions du Nord, disait *Diodore de Sicile* (Bibliotheca historica [G], lib. III, cap. 19), le disque du Soleil n'est pas rond, lorsqu'on le voit près de l'horizon. Les anciens avaient donc connaissance de ce phénomène; mais cette apparence resta longtemps un simple fait d'observation.

Ce fut *Scheiner* qui donna l'explication de la figure elliptique du disque du Soleil à l'horizon :

1649. Scheiner, C. Refractiones coelestes, sive Solis elliptici phaenomenon; 4°, Ingolstadii, 1617.

Cette question a été soumise au calcul par

1650. Dusséjour, D. Equation du disque du Soleil déformé par la réfraction. Dusséjour, TaH, I, 1786, 241.

Pour trouver le chiffre α de la réfraction horizontale dans l'atmosphère d'une planète, d'après le prolongement des cornes, on a la formule

$$\alpha = \frac{1}{2}\left[\text{arc sin } d. \sin \frac{1}{2}(C - 180^\circ) - \frac{s}{r}\right],$$

où d représente la distance angulaire de la planète au centre du Soleil, C l'étendue

planétocentrique du croissant, s le demi-diamètre du Soleil et r le rayon vecteur de l'astre. Si l'on veut avoir α en minutes, il faut exprimer également en minutes s et arc sin d. (Voyez l'article de *Lyman* dans AJS_3, IX, 1875, 47).

§ 126. RÉFRACTION : TABLES.

Les premiers astronomes qui avaient aperçu les effets de la réfraction, ne dégageaient ces effets qu'avec peine des observations. Ils n'avaient pas de méthode régulière d'investigation. *Le Monnier* employa, pour la mesure des réfractions, les circompolaires qui passent près du zénit (Le Monnier, Ins, 1746, 418). Il proposa plus tard de déduire les réfractions horizontales de leur effet sur l'azimuth du lever ou du coucher apparent :

1651. Le Monnier, P. C. Project d'observations astronomiques sur les réfractions horizontales. Paris, H & M, 1766, 603.

C'est toutefois des observations méridiennes que la plupart des astronomes tiraient les éléments numériques des tables de réfractions. Si cette recherche renferme une espèce de cercle vicieux pour l'observateur sédentaire, qui voit toujours la même étoile, au méridien, sous une même hauteur apparente, elle prend un caractère plus direct lorsqu'on rapproche les observations d'un même astre, faites sur différents horizons, à des élévations fort inégales. Telle est la marche qui a été notamment recommandée par

1652. Main, R. On the value of the constant of refraction as determined from zenith-distance observations of stars, near the North and South horizon. London, MAS. XXVI, 1858, 45.

Mais un autre moyen se présente aussi : la détermination directe de l'indice de réfraction de l'air atmosphérique. Ce moyen avait été essayé, dès 1699, par l'initiative de la Société Royale de Londres. Il est rendu compte des expériences par

1653. Lowthorp, J. An experiment on the refraction of air, made at the command of the Royal Society. London, PTr, 1699, 339 b.

Mais ces expériences ne pouvaient pas conduire alors à un résultat numérique d'une exactitude suffisante. En 1806, *Biot* et *Arago* reprirent la détermination directe de l'indice de réfraction de l'air atmosphérique :

1654. Biot, J. B. & Arago, F. Mémoire sur les affinités des corps pour la lumière, et particulièrement sur les forces réfringentes des différents gaz. Paris, Mem_1, VII, 1806, 301.

Caillet refit plus tard la réduction des observations, avec de meilleurs éléments de correction :

1853. Caillet, V. Note sur la valeur du pouvoir réfringent de l'air atmosphérique qui résulte des anciennes expériences de *MM. Biot* et *Arago*. Paris, Crb, XL, 1853, 52.

Il obtient pour le pouvoir réfringent de l'air atmosphérique, à 0° de température et 0m,76 de pression, le chiffre.... 0, 000 587 826 7.

Nous avons formé ci-dessous le tableau des valeurs de la réfraction, à 45° et à 90° de distance zénitale apparente, d'après divers auteurs.

Lorsque la pression et la température auxquelles se rapportent les nombres sont spécifiées, nous avons désigné par

- *pa* les pouces anglais;
- *pf* — français;
- m les mètres;
- F les degrés Fahrenheit;
- R — Réaumur;
- C — centigrades ou de Celsius.

Valeurs attribuées à la réfraction astronomique.

	Réfraction à la distance zénitale apparente de 45°	90°
1586. Rotemann. (Rapporté par *Gassendi*, De Tychonis Brahei vita, lib. III; dans Gassendus, Opa, éd. 1658, V, 415; éd. 1727, V, 363.)	0″	2100″
Il croit la réfraction nulle à partir de 30° de hauteur.		
1602. Tycho Brahé :		
pour le Soleil. (Brahaeus, AiP, 1610, I, 79; 1648, 59.)	5	2040
pour la Lune. (Brahaeus, Epistolae, 4°, Francofurti, 1610, p. 124.)	0	1960
pour les étoiles. (Brahaeus, AiP, 1610, I, 280; 1648, 216.)	0	1800
1604. Képler. (Ad Vitellionem paralipomena, 4°, Francofurti; cap. 4, p. 125. — Keplerus, Opa, II, 1859, 176.)	40	1980
1632. Lansberg. (Tabulae coelestium motuum perpetuae, fol., Middelburgi; p. 116.)	0	2040
Il fait la réfraction nulle à partir de 38° de hauteur.		

	Réfraction à la distance zénitale apparente de 45°	90°
1647. Gassendi. (Institutio astronomica, lib. I, cap. 19; Gassendus, Opa, 1658, IV, 17; 1727, IV, 17.)	0″	2040″
Il fait la réfraction nulle à partir de 55° de hauteur.		
1651. Riccioli (Ricciolus, Alm, II, 668.) :		
pour le Soleil, été	5	1945
pour le Soleil, équinoxe	6	1980
pour le Soleil, hiver	8	2020
pour la Lune, été	6	1980
pour la Lune, équinoxe	10	2020
pour la Lune, hiver	12	2000
pour les étoiles, été	0	1790
pour les étoiles, équinoxe	0	1810
pour les étoiles, hiver	0	1850
1662. J. D. Cassini. (*Malvasia*, Ephemerides novissimae motuum coelestium, fol., Mutinae.)	59	1940
1668. Hevelius. (Cometographia, fol., Gedani.)	0	1880
1702. La Hire. (Tabulae astronomicae, 4°, Paris; p. 6.)	71	1920
1706. Roemer. (*Horrebow*, P., Atrium astronomiae, 4°, Hafniae, 1732; p 83)	58	2024
1721. Newton, à 29,8 *pa* et 70° F., d'après les éléments numériques fournis par *Halley*. (London, PTr, 1721, 172; reproduit dans ses Opera. édit. *Horsley*, 4°, Londini; vol. IV, 1782, p. 406.)	54	2025
1729. Bouguer. (Paris, Rec, II, 1748, n° 4.)	0	1980
1738. D. Bernoulli. (Hydrodynamica, 4°, Argentorati; p. 221.).	63	2093
1739. Bouguer, réduit à la côte d'après ses observations de Quito. (Paris, H & M, 1739, 407. — Comparez CdT, 1765, 143; 1778, 201.)	50	1671
1740. Jacq. Cassini. (Tables astronomiques, 4°, Paris; p. 152 : à la suite de ses Éléments d'astronomie.) D'après *J. D. Cassini*.	58,75	1940
1743. T. Simpson, à 29,6 *pa* et 70° F. (Mathematical dissertations, 8°, London.)	52,0	1980
1755. Bradley, à 29,6 *pa* et 50° F. (Bradley, Obs, I, 1798, xxxv.).	57,0	1980

	Réfraction à la distance zénitale apparente de 40°	90°
1755. La Caille, à 28 p/ et 10° R. (Paris, H & M, 1755, 547.).	66,5	2010"
1758. Lambert, à 28 p/ et 0° R. (Les propriétés remarquables de la route de la lumière, La Haye, 8°. — Comparez BaJ, 1779, 184.)	62,6	1980
1764. Maskelyne, à 29,6 pa et 50° F. (NAl, 1767. — Comparez Maskelyne, Obs, I, 1776, tab. xxII, p. 15.)	56,9	»
1766. Le Monnier. (Paris, H & M, 1766, 605.).	»	1807
1774. Legentil, par ses observations de Pondichery. (Paris, H & M, 1774, 330, 332.).	»	1784
1781. T. Mayer, à 28 p/ et 0° R. (De refractionibus astronomicis, 4°, Altorfi & Norimbergæ.).	59,0	1980
1784. Hennert, en rediscutant les observations de La Caille. (BaJ, 1787, 157.)	63	»
1805. Piazzi, à 28 p/ et + 8° R. (Della specola astronomica di Palermo, 4°, Palermo; lib. v, 1994, p. 179.)	57,2	1923,0
1805. Laplace, en fixant la constante par les observations de Delambre, à 0ᵐ,760 et 0° C. (Laplace, TMc, IV, liv. x, ch. 1.)	60,50	»
1806. Delambre, à 0ᵐ,76 et + 10° C. (Tables de réfraction, dans les Tables astronomiques publiées par le Bureau des Longitudes; 4°, Paris.)	58,21	2026,5
1810 = Bonne, par des observations de réfraction terrestre, à 0ᵐ,760 et 10° C. (Cité par *F. T. Schubert*, Traité d'astronomie théorique, éd. 1834, t. I, p. 279.)	»	1944
1814. Brinkley, à 29,6 pa et 50° F. (Dublin Tra., XII, 77.).	56,8	»
1814. Groombridge, à 29,6 pa et 50° F. (London, PTr, 1814, 337.)	57,45	»
1814. Delambre, à 0ᵐ,760 et 10° C. (Delambre, Ast., ch. xxII; I, 315.)	57,134	»
1815. Carlini, à 28 p/ et 10° R. (EfM, 1817, 100.)	57,95	1845,7
1815. Bessel, à 29,6 pa et 48°,75 F., d'après les observations de Bradley. (Bessel, FaA, 45-50.).	57,40	2166,86

	Réfraction à la distance zénitale apparente de 40°	90°
1823. Ivory, à 30 pa et 50° F. (London, PTr, 1823, 409.)	58,36	2037,5
1824. T. Young. (London, PTr, 124, 159.)	»	2022,5
1827. J. Svanberg, à 28 p/ et 0° C. (Acta nova Societatis scientiarum upsaliensis, t. IX, p. 89.).	»	2101,46
1828. E. Schmidt. (Theorie der astronomischen Strahlenbrechung, 4°, Göttingen.).	»	2164,8
1830. F. Struve, à 27,75 p/ et 7°44 R. (Dorpatum, Obs, VI, xxx.)	57,488	»
1830. Bessel, en rediscutant les observations de Bradley, à 29,6 pa et 48°,75 F. (Bessel, Tab, p. lix.)	57,682	»
1836. J. B. Biot, à 0ᵐ,762 et 10° C. (CdT, 1839, 70, 81.).	58,357	2056,26
1838. Barfuss, en étendant sa formule jusqu'à l'horizon, à 0ᵐ,731 56 et — 13°,2 C. (ANa, XV, 151.)	»	2271
1843. T. R. Robinson, à 29,6 pa et 50° F. (Dublin, Tra, XIX, 211.)	57,5464	»
1848. Caillet, à 0ᵐ,76 et 10° C. (CdT, 1851, 9.)	58,26	2027,06
1856. Lubbock, à 30 pa et 50° F. (London, MAS, XXIV, 155).	58,56	2075,4
1866. Gyldén, par les observations de Poulkova, à 29,6 pa et 7°,44 R. (St-Pétersbourg, Mem, X, n° 1.).	57,68	2061,7
1868. E. J. Stone, d'après les observations de Greenwich au-dessus et au-dessous du pôle, 1857-65, à 29,6 pa et 50° F. (London, MNt, XXVIII, 29.)	57,58	»
1878. Kowalski, par ses observations de Kasan, à 0ᵐ,76 et 0° C. (Recherches sur la réfraction astronomique, 8°, Kasan; p. 168, 172.)	60,31	2095

Les tables de réfraction dont on se sert à Greenwich sont, sous une forme un peu différente, celles des Tabulae regiomontanae de *Bessel*. Elles se trouvent : Greenwich, Obs, 1836, Append; et pour le développement de la partie relative au voisinage de l'horizon : Greenwich, Obs, 1853, Append. On les multiplie aujourd'hui, d'après les recherches de *E. J. Stone* qui viennent d'être citées, par le facteur 0,997 97.

Laplace a trouvé, par la considération des pouvoirs réfringents, que la correction dépendant de l'hygromètre doit être à peine sensible (Laplace, TMc, IV, 1805; liv. x, ch. 1, n° 10). *C. A. F. Peters*, en discutant les observations de la polaire au cercle vertical de Poulkova, indique pour l'influence des nuages légers à travers lesquels l'étoile avait été quelquefois observée, un excès de réfraction de 0″,012 pendant le jour, et 0″,056 pendant la nuit (AKn, XXII, 1845, 124).

Fresnel a fait la remarque très-importante que la réfrangibilité des rayons lumineux est la même, soit pour une étoile vers laquelle la Terre se meut, soit pour une étoile dont la Terre s'éloigne :

1656. Fresnel, A. Influence du mouvement de la Terre sur des phénomènes d'optique. Annales de chimie et de physique, par *Gay-Lussac & Arago*, 8°, Paris; t. IX, 1818, p. 57. — Reproduit : *Fresnel, A.*, Œuvres complètes, t. II, p. 627.

On n'est pas encore fixé sur l'interprétation physique que ce fait doit recevoir, dans la théorie de l'optique. Au reste, un ordre entier de phénomènes, se rattachant au mouvement de la source lumineuse par rapport à l'observateur, occupe maintenant les astronomes, et va faire l'objet du § suivant.

§ 127. INFLUENCE OPTIQUE DU MOUVEMENT.

L'existence de cette influence a été mise en doute, et la controverse soulevée à ce sujet peut à peine être considérée comme close. Nous allons nous borner à indiquer les mémoires les plus importants dans ce débat. Nous rejetons d'ailleurs au § 140 ci-après, ce qui touche plus particulièrement au déplacement des raies du spectre.

1657. Doppler, C. Ueber den Einfluss der Bewegung des Fortpflanzungsmittels auf die Erscheinungen der Aether- Luft- und Wasserwellen. Prag, Abh₅, V, 1847, 293.

1658. Hoek, M. De l'influence des mouvements de la Terre sur les phénomènes fondamentaux de l'optique dont se sert l'Astronomie. Utrecht, Rch, 1, 1861, 1.

1659. Respighi, L. Intorno l'influenza del moto dei mezzi rifrangenti sulla propagazione dei raggi luminosi da cui sono attraversati. Bologna, Mem'₂, II, 1862, 279.

1660. Klinkerfues, W. Versuche über die Bewegung der Erde und der Sonne im Aether. ANa, LXXVI, 1870, 33.

1661. Mascart, E. Sur les modifications qu'éprouve la lumière par suite du mouvement de la source lumineuse et du mouvement de l'observateur. Paris, AEn₂, I, 1872, 157; III, 1874, 363 ...

1662. Van der Willigen, V. S. M. Sur la fausseté de la proposition que la réfraction des rayons lumineux est modifiée par le mouvement de la source lumineuse et du prisme. Archives néerlandaises ... publiées par la Société hollandaise des sciences à Haarlem; 8°, La Haye; t. IX, 1874, p. 41. — Aussi Archives du Musée Teyler, 8°, Harlem; t. III, 1874, p. 305.

§ 128. AGRANDISSEMENT DES ASTRES A L'HORIZON.

L'agrandissement des disques du Soleil et de la Lune, dans le voisinage de l'horizon, avait été remarqué dès l'antiquité. Il en est fait mention par *Cléomède* (Cyclica theoria meteoron [G], lib. I). Ce phénomène est décrit avec plus ou moins de détails par

Alhazen, Optica, lib. VII, prop. 52-54.

Vitellio, Optica, lib. x, prop. 51-53.

Maurolycus. Photismi de lumine et umbra, 4°, Neapoli, 1611; diaphanorum partes, lib. I, theorem. 2.

Keplerus, Tabulae rudolphinae, fol., Ulmae, 1627; p. 98. [La Lune au zénit, dit-il, ne paraît que moitié de la Lune à l'horizon].

Wendelinus, Luminarcani, 4°, Antuerpiae, 1644.

On a trouvé que cet agrandissement se produit de la même manière à de fortes altitudes, dans les Alpes (*Bourrit*, Nouvelle description des glacières et glaciers de la Savoie, 8°, Genève, 1785; p. 306).

Trois explications principales ont été proposées pour ce phénomène.

La première et la plus ancienne se trouve dans *Strabon* (Res geographicae [G], lib. III, cap. 95) et dans *Ptolémée* (Ptolemaeus, MCo, lib. I, cap. 2); elle consiste à admettre que l'astre est grossi par la réfraction, comme les corps qu'on voit au fond de l'eau. Une erreur de jugement concourt au même résultat, en nous faisant supposer

la distance plus grande à l'horizon qu'au zénit, par suite de l'interposition des objets intermédiaires. Cette explication a été défendue par

Descartes, Dioptrique, 1637, chap. 6.

Malebranche, Recherche de la vérité, 2 vol. 12°, Paris; vol. 1, 1674, lib. I, cap. 7.

Wallis, Treatise of algebra, fol., London, 1685; cap. 102.

Gouye, Observation sur la grandeur apparente de la Lune à l'horizon et au méridien. Paris, H & M, 1700, his, 8.

La seconde explication est celle qui pose en principe que le ciel, à la surface duquel nous paraissent les astres, est une voûte surbaissée, dont les pieds, dit *Alhazen* (Optica, lib. VII, prop. 55), sont plus distants de nous que le sommet, de toute la grandeur du rayon de la Terre. Cette théorie de la voûte surbaissée a eu successivement pour adhérents, après le savant arabe que nous venons de citer :

Vitellio, Optica, lib. X, prop. 54.

R. Baco [XIIIe siècle], Perspectiva, 4°, Francofurti, 1614; part. II, disc. III, cap. 6.

Johannes *Pisanus* [*Peisanus*] [XVe siècle], Perspectiva communis, 4°, Norimbergae, 1542; lib. II, prop. 82.

Keplerus, Ad Vitellionem paralipomena, 4°, Francofurti, 1604; cap. 4, § 7, p. 133. — Reproduit : Keplerus, Opa, II, 1859, 210.

Keplerus, Epitome Astronomiae copernicanae, 8°, Lentiis à Francofurti, 1618-1622; lib. I, part. 3, p. 81. — Reproduit : Keplerus, Opa, VI, 1866, 157.

Hortensius [*Van den Hove*], Dissertatio cum Gassendo de Mercurio in Sole viso et Venere invisa, 4°, Lugduni Batavorum, 1633.

1663. *Gassendi*, Epistolae quatuor de apparente magnitudine Solis humilis et sublimis, 4°, Parisiis, 1642. — Reproduit : Gassendus, Opa, III, 1727, 335.

Gregorius, D., Astronomiae physicae et geometricae elementa, fol., Oxoniae, 1702; lib. II, prop. 63.

Smith, R., Compleat system of opticks, 2 vol. 4°, Cambridge, 1738; vol. 1, book I, ch. 5, n°s 160-164.

[*Asclepi*], De apparente objectorum distantia et magnitudine, 4°, Romae, [1760].

La troisième théorie attribue l'agrandissement apparent des astres près de l'horizon, à l'interposition des vapeurs qui en affaiblissent l'éclat et les grossissent. Cette

hypothèse est également dans *Alhazen*, Optica, lib. VII, prop. 51. Elle a été successivement exposée par

Vitellio, Optica, lib. X, prop. 53.

Scheiner, Sol ellipticus, hoc est novum et perpetuum Solis contrahi soliti phaenomenon, 4°, Augustae Vindelicorum, 1615. — Il reprend cette explication dans son Oculus, hoc est fundamentum opticum, 4°, Oeniponti, 1619.

R. Baco, Perspectiva, 4°, Francofurti, 1614; part. III, disc. II, cap. 4.

Johannes *Pisanus* [*Peisanus*], Perspectiva communis, 4°, Norimbergae, 1542; lib. III, prop. 12.

Bettini, Apiaria universae philosophiae mathematicae, 2 vol. fol., Bononiae, 1641-1642; lib. VIII (paradoxa astronomica), progymn. IV, prop. 1, 2.

Le Cat, Traité des sens; 8°, Rouen, 1740.

Gassendi a parlé aussi d'une influence due à la dilatation de la pupille, lorsque l'éclat du Soleil est affaibli à l'horizon (De apparente magnitudine Solis, cité plus haut; p. 6, 43, 82, 85).

Voyez en outre :

1664. Molyneux, W. A discourse concerning the apparent magnitude of the Sun and Moon, or the apparent distance of two stars, when nigh the horizon and when higher elevated. London, PTr, 1687, 314.

1665. Walker, E. On the apparent size of the horizontal Moon. JaP_3, IX, 1864, 164.

La question toutefois reste au point où les physiciens du XVIIIe, ou même ceux du XVIIe siècle, l'ont laissée.

§ 129. ABAISSEMENT CRÉPUSCULAIRE.

Alhazen, vers l'an 1000, fut le premier à faire des observations suivies des crépuscules. (*Alhazenus*, De crepusculis, dans *Risnerus, F.*, Opticae thesaurus; fol., Basileae, 1572.)

Après lui vint le Portugais *Nuñes*, en latin *Nonius*, dont les recherches sont consignées dans un ouvrage dont voici le titre :

1666. P. Nonii, De crepusculis; item *Allacen* arabis de causis crepusculorum, a *Gerardo* Cremonensi jam olim latinitate donatus, nunc vero omnium primum in lucem editus; 4°, Olyssipone, 1542.

La plus ancienne appréciation de l'abaissement du Soleil qui correspond à la limite des crépuscules, est celle qu'on peut inférer d'une donnée de *Posidonius*, rapportée par *Pline*. Le tableau suivant renferme les valeurs qui ont été attribuées à cet abaissement, nommé crépusculaire.

Valeurs attribuées à l'abaissement crépusculaire.

—90 ∓	POSIDONIUS cité par *Pline*. (Historia naturalis, lib. II, cap. 52.)	19°
150 ∓	PTOLEMAEUS. (Apparentiae inerrantium stellarum, 4°, Urbini, 1592.) Apparition des étoiles de 1re grandeur	12
	Fin du crépuscule astronomique.	18
1068 ∓	ALHAZEN. (De causis crepusculorum, cap. 1, à la suite de *Nonius*, De crepusculis, 4°, Olyssipone, 1542.)	18
Fin XIIIe siècle.	VITELLIO (Optica, fol., Basileae, 1572, lib. X, prop. 60.)	19 ∓
1542.	NONIUS. (De crepusculis, 4°, Olyssipone; part. II, prop. 13.) .	16
1550.	CARDAN. (De subtilitate, fol., Norimbergae; lib. IV.) . . .	19
1550.	GEMMA Frisius. (De astrolabo catholico, 8°, Antuerpiae; supplem.)	18
1567.	SCULTETUS. (Phaenomena novilunii ecliptici, 4°, Gorliciae; lib. II.) . . . . Au plus	19
1578.	CLAVIUS. (Commentarius in sphaeram J. de Sacro-Bosco; éd. 4°, Romae, 1606, p. 131.).	19
1585.	BAROCIUS. (Cosmographia, 8°, Venetiis, p. 193.)	19
1586.	ROTHMANN. (*Brahaeus*, Epistolarum astronomicarum libri duo, 2 vol. 4°, Francofurti, 1610; 21 et 24 Feb. 1586.) Fin du crépuscule astronomique	24
1589.	STEVINUS. (Cosmographie, part. II, geographia, lib. III, prop. 2; reproduit dans ses Mathematica hypomnemata, publiés par *Snellius*, fol., Lugduni Batavorum, 1608; et dans ses OEuvres mathématiques, données en français par *A. Girard*, 2 vol. fol., Leyde, 1634, vol. II, p. 159.)	19
16...	CONIMBRICENSES. (De coelo, lib. III, cap. 5, quaest. 2.) . . .	19
1602.	Tycho BRAHÉ. (Brahaeus, AiP, éd. 1610, I, 93, 755; II, 419.)	16 à 17
1602.	MAGINI. (Tabulae primi mobilis, fol., Venetiis; lib. XI, probl. 50.)	18
1606.	CLAVIUS. (De crepusculis, cap. 3, prop. 6; à la suite de l'édition du Commentarius cité plus haut.)	18

1618.	KEPLER. (Epitome astronomiae copernicanae, lib. III, part. 5; — Keplerus, Opa, VI, 1866, 235.) — Apparition de Vénus	5°
	Apparition de Jupiter et de Mercure	10
	— de Saturne	11
	— de Mars	11½
	— des étoiles de 1re grandeur	12
	— — 2me —	13
	— — 3me —	14
	— — 4me —	15
	— — 5me —	16
	— — 6me —	17
	des plus petites étoiles visibles à la vue simple	18
1619.	SNELLIUS. (Descriptio cometae qui anno 1618 effulsit, 4°, Lugduni Batavorum.)	19
1620.	BLANCANUS. (Sphaera mundi seu cosmographia demonstrativa, 4°, Bononiae; lib. VI, cap. 5; lib. X, cap. 15.)	18
1621.	ROSENBACH, rapporté par *Tanner*. (Dissertatio peripatetico-theologica de coelis, 4°, Ingolstadii; quaest. 7.)	19
1622.	LONGOMONTANUS. (Astronomia danica, 4°, Amsterodami; sphaerica, lib. II, cap. 11.)	20
1624.	GLORIOSO. (De cometis dissertatio astronomico-physica, 4°, Venetiis; lib. II, cap. 2.)	18
1644.	RESTA, F. (Meteorologia de igneis, aereis aqueisque corporibus, 4°, s. l., lib. II, tract. I, cap. 2.)	19
1644.	WENDELIN. (Luminarcani, 4°, Antuerpiae, 1644; praef., p. 5.)	18
...?	COTTUNIUS. (Meteorologica, lib. I, lect. 33.)	19
1647.	GASSENDI. (Institutio astronomica, 4°, Parisiis; lib. I, cap. 18. — Gassendus, Opa, IV.)	18
1651.	RICCIOLI donne pour la limite de l'absence complète du jour ou limite du crépuscule astronomique (Riccioleus, Alm, I, 39) : aux équinoxes, le matin.	16
	— le soir	20 30'
	au solstice d'été, le matin	21 25
	— d'hiver, le matin	17 25

1679. HEVELIUS. (Machinae coelestis pars posterior, fol., Gedani; lib. II et III) : pour apercevoir Vénus . . . . 2°
— Jupiter 3
— Mercure . . . . 3 à 4

1692? J. D. CASSINI. (Cité : Lalande, Ast₃, II, 1792, 556.) — Fin du crépuscule astronomique 15

1751. LA CAILLE. (Paris, H & M, 1751, 434.) — Coucher de la lumière crépusculaire à l'horizon de la mer, par une première observation . . . . 16 38′
Par une seconde observation 17 15

1760. LAMBERT. (Photometria sive de mensura et gradibus luminis, 8°, Augustae Vindelicorum; part. V, cap. 3, n° 1029, p. 486.) — Instant où la courbe crépusculaire franchit le zénit, ou fin du crépuscule civil [gemeine Dämmerung]. 6 23
Fin du crépuscule général. (Ibid., part. V, cap. 3, n° 997, p. 444.) 18 30

1772. LALANDE. (Ast₂, liv. VIII, n° 1606, t. II.) — Apparition de Sirius dans le crépuscule du soir. 10

1782. WURM, par ses observations. (BaJ, 1805, 165.) — Apparition dans le crépuscule de Vénus 1
Apparition dans le crépuscule de Jupiter 4
— — des étoiles de 1re grandeur . . 6 ½
— — de Saturne 7
— — des étoiles de 2me grandeur. . 9
— — — 3me — . . 11
— — — 4me — . . 13

1860. LIAIS. (Paris, Crh, XLVIII, 110.) — Coucher du 1er arc crépusculaire 11 42
Coucher du 2me arc crépusculaire 16 15

1865. J. SCHMIDT, par les moyennes de ses observations. (ANn, LXIII, 1865, 105.) — Apparition des étoiles de 1re grandeur . . + 0 40 (*)
— — 2me — . . − 4 18
— — 3me — . . 3 4
— — 4me — . . 8 30
— — 5me — . . 8 32
— — 6me — . . 11 39
Fin du crépuscule astronomique. 15 53

(*) Le signe + signifie que le Soleil est élevé sur l'horizon, et le signe — qu'il est abaissé au-dessous de ce plan.

Roscoe et *Baxendell* (London, Pro, XV, 1867, 20; reproduit en allemand dans APC₁, CXXVIII, 1866, 291) ont étudié les intensités relatives de la lumière diffuse, provenant de l'atmosphère éclairée par le Soleil. Il résulte de leurs observations que l'intensité I de cette lumière, pour les différentes distances zénitales z de l'astre, peut être représentée par la formule

$$I = a + b \cos z - c \cos^2 z,$$

où a, b, c, sont des constantes essentiellement positives, qui dépendent de l'état de l'atmosphère.

Zenger (London, MNt, XXXVIII, 1878, 66), en supposant l'air serein, et en prenant pour unité l'éclat au lever du Soleil, en même temps qu'il réduit cet éclat à 0 pour un abaissement de l'astre de 18°, trouve

$$I = 1 + 3{,}236\,1 \cos \varphi \cos \delta \,(\cos t + \operatorname{tang} \varphi \operatorname{tang} \delta).$$

Ici φ représente la latitude du lieu, δ la déclinaison du Soleil et t l'angle horaire de cet astre.

Les intensités diverses de la lumière d'un astre, à différentes hauteurs sur l'horizon, sont considérées par *Laplace* (Exposition du système du monde, lib. I, ch. 10; 5e édit., 1824, t. I, p. 182), d'après les expériences de *Bouguer* (Essai d'optique, édit. 1729, p. 71; édit., 1760, p. 79; — voir plus loin § 137, n° 1721) sur l'absorption exercée par l'atmosphère.

L'éclat total ou réel d'un astre étant pris pour unité, celui observé E, à une distance zénitale z, est sensiblement, au moins jusqu'à une faible distance de l'horizon,

$$\text{Log } E = \frac{A}{\cos z}.$$

A est une constante, qui a été déterminée comme suit, pour une atmosphère sereine :

Valeurs attribuées au coefficient d'absorption de la lumière dans l'atmosphère.

1729. BOUGUER. (Essai d'optique sur la gradation de la lumière, 12°, Paris, 1729, p. 71. — Comp. 2e édit., 1760, p. 79.) 0,815

1760. LAMBERT. (Photometria, 8°, Augustae Vindelicorum; n° 886, p. 307.) 0,588 9

1850. H. VON SCHLAGINTWEIT. (ANn, XXXI, 1851, 559. — Comp. Leipzig, Vjh, III, 1868, 143.). 0,867

1862. SEIDEL. (München, Abh₂, IX, III, 1862, 505.) 0,78

La table d'absorption de *Seidel* est reproduite dans *Zöllner*, Photometrische Untersuchungen, 8°, Leipzig, 1865; p. 196.

Consultez en outre :

1666. Wild, H. Ueber die Lichtabsorption der Luft. Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern, 8°, Bern; année 1867, p. 221; année 1868, p. 113.

On voit par une table de *E. Weiss* (ANn, LXXXVIII, 1876, 183) qu'à 80° de distance zénitale on perd une grandeur entière d'étoiles, et à 87° deux grandeurs.

§ 130. DISPERSION, IRRADIATION, DIFFRACTION.

Bouguer observa le premier la dispersion des rayons des étoiles dans l'atmosphère. (*Bouguer*, Traité d'optique sur la gradation de la lumière, 12°, Paris, 1729; 2e éd., 4°, Paris, 1760). Ce sont les spectres naturels formés, dans le sens vertical, par la séparation des rayons de réfrangibilité inégale. *W. Herschel* tenta de mesurer ces spectres (London, PTr, 1785, 213); il fut suivi dans cette voie par

1668. Stephen Lee. On the dispersive power of the atmosphere and its effects on astronomical observation. London, PTr, 1815, 373; en allemand dans BJ, 1819, 113.

F. Struve trouvait 22″ d'étendue verticale à l'image de α Piscis austrini, culminant sur l'horizon de Dorpat (Dorpatum, Obs, IV, 1823, 23), et *T. R. Robinson* trouvait également 22″ au spectre de *α Lyrae*, à son passage au méridien inférieur, sur l'horizon d'Armagh (Dublin, Tra., XIX, 1843, 194). *F. Struve* conclut de ses observations que la dispersion est environ $\frac{1}{13}$ de la réfraction (Struve, SMm, 1857, lv); mais la faiblesse des couleurs extrêmes permet difficilement de distinguer ces spectres, au delà de 30° d'élévation de l'étoile sur l'horizon (ibid., p. lvj). *Secchi* (Le stelle, 8°, Milano, 1877; cap. II, n° 7, p. 128) réduit la mesure de *Struve* à 14″, parce qu'il faut, dit-il, ôter une quantité égale au diamètre apparent de l'étoile, qui, ainsi que le montrait la largeur horizontale de l'image, était de 8″.

En 1838, *Bessel* fit à l'héliomètre quatre mesures du spectre de α Piscis austrini (Königsberg, Beo, XXIV, 1848, 87). Ces mesures ont été calculées par

1669. Montigny, C. Note sur le pouvoir dispersif de l'air. Bruxelles, Bul_2, XXIV, 1857, 523.

Cet auteur montre que les dimensions observées s'accordent dans des limites tolérables, avec celles que l'on calcule au moyen des indices de réfraction.

On peut rattacher à ce sujet les études sur la coloration des astres près de l'horizon. La teinte rougeâtre, ordinaire dans le voisinage de ce cercle, a fait l'objet d'un travail intéressant de

1670. Forbes, J. D. On the colours of the atmosphere. Edinburgh, Tra, XIV, 1840, 373.

Les couleurs artificielles des étoiles, à mesure qu'elles s'abaissent sur l'horizon, ont été étudiées par

1671. Poey, A. Ley de la coloracion y decoloracion de las estrellas en su ascencion y declinacion del horizonte al zenit y vice-versa.

Dans le Boletin del Instituto de geographia y estadistica de la Republica Mexicana, 8°, Mexico; vol. VIII, 1860, p. 267. — Reproduit en français dans l'Annuaire de la Société météorologique de France, 8°, Paris; t. VIII, 1860, p. 146.

Voyez aussi

1672. Montigny, C. Note sur des phénomènes de coloration des bords du disque solaire près de l'horizon. Bruxelles, Bul_2, XXVIII, 1869, 423.

L'étude détaillée de la coloration des astres par l'effet de l'atmosphère, le Soleil bleu, les teintes du ciel, les gloires, les brouillards lumineux, rentrent d'ailleurs comme les iris et les halos, dans le domaine de la météorologie : on se dispensera d'en parler ici.

Sur l'irradiation, nous allons nous borner à renvoyer au mémoire classique de *Plateau*, où l'astronome trouvera ce qui peut lui être utile, au sujet de ce phénomène, dans ses observations journalières :

1673. Plateau, J. Mémoire sur l'irradiation. Bruxelles, $Mém_2$, XI, 1839, n° 4.

Il y a des additions à ce travail dans Bruxelles, Bul_1, VI, 1839, I, 301; II, 102.

Sur la diffraction, au point de vue de l'usage des instruments optiques d'astronomie, on consultera

1674. André, C. Étude de la diffraction dans les instruments d'optique, son influence sur les observations astronomiques. Paris, AEn_2, V, 1876, 273 ...

Laplace a trouvé, par la considération des pouvoirs réfringents, que la correction dépendant de l'hygromètre doit être à peine sensible (Laplace, TMc, IV, 1805; liv. x, ch. I, n° 10). *C. A. F. Peters*, en discutant les observations de la polaire au cercle vertical de Poulkova, indique pour l'influence des nuages légers à travers lesquels l'étoile avait été quelquefois observée, un excès de réfraction de 0",012 pendant le jour, et 0",056 pendant la nuit (AKn, XXII, 1845, 124).

Fresnel a fait la remarque très-importante que la réfrangibilité des rayons lumineux est la même, soit pour une étoile vers laquelle la Terre se meut, soit pour une étoile dont la Terre s'éloigne :

1656. Fresnel, A. Influence du mouvement de la Terre sur des phénomènes d'optique. Annales de chimie et de physique, par *Gay-Lussac & Arago*, 8°, Paris; t. IX, 1818, p. 57. — Reproduit : *Fresnel, A.*, Œuvres complètes, t. II, p. 627.

On n'est pas encore fixé sur l'interprétation physique que ce fait doit recevoir, dans la théorie de l'optique. Au reste, un ordre entier de phénomènes, se rattachant au mouvement de la source lumineuse par rapport à l'observateur, occupe maintenant les astronomes, et va faire l'objet du § suivant.

§ 127. INFLUENCE OPTIQUE DU MOUVEMENT.

L'existence de cette influence a été mise en doute, et la controverse soulevée à ce sujet peut à peine être considérée comme close. Nous allons nous borner à indiquer les mémoires les plus importants dans ce débat. Nous rejetons d'ailleurs au § 140 ci-après, ce qui touche plus particulièrement au déplacement des raies du spectre.

1657. Doppler, C. Ueber den Einfluss der Bewegung des Fortpflanzungsmittels auf die Erscheinungen der Aether- Luft- und Wasserwellen. Prag, Abh$_{5}$, V, 1847, 293.

1658. Hoek, M. De l'influence des mouvements de la Terre sur les phénomènes fondamentaux de l'optique dont se sert l'Astronomie. Utrecht, Rch, I, 1861, 1.

1659. Respighi, L. Intorno l'influenza del moto dei mezzi rifrangenti sulla propagazione dei raggi luminosi da cui sono attraversati. Bologna, Mem'$_{2}$, II, 1862, 279.

1660. Klinkerfues, W. Versuche über die Bewegung der Erde und der Sonne im Aether. AKn, LXXVI, 1870, 33.

1661. Mascart, E. Sur les modifications qu'éprouve la lumière par suite du mouvement de la source lumineuse et du mouvement de l'observateur. Paris, AEn$_{2}$, I, 1872, 157; III, 1874, 363...

1662. Van der Willigen, V. S. M. Sur la fausseté de la proposition que la réfraction des rayons lumineux est modifiée par le mouvement de la source lumineuse et du prisme. Archives néerlandaises ... publiées par la Société hollandaise des sciences à Haarlem; 8°, La Haye; t. IX, 1874, p. 41. — Aussi Archives du Musée Teyler, 8°, Harlem; t. III, 1874, p. 305.

§ 128. AGRANDISSEMENT DES ASTRES A L'HORIZON.

L'agrandissement des disques du Soleil et de la Lune, dans le voisinage de l'horizon, avait été remarqué dès l'antiquité. Il en est fait mention par *Cléomède* (Cyclica theoria meteoron [G], lib. I). Ce phénomène est décrit avec plus ou moins de détails par

Alhazen, Optica, lib. VII, prop. 52-54.

Vitellio, Optica, lib. x, prop. 51-53.

Maurolycus. Photismi de lumine et umbra, 4°, Neapoli, 1611; diaphanorum partes, lib. I, theorem. 2.

Keplerus, Tabulae rudolphinae, fol., Ulmae, 1627; p. 98. [La Lune au zénit, dit-il, ne paraît que moitié de la Lune à l'horizon].

Wendelinus, Luminarcani, 4°, Antuerpiae, 1644.

On a trouvé que cet agrandissement se produit de la même manière à de fortes altitudes, dans les Alpes (*Bourrit*, Nouvelle description des glacières et glaciers de la Savoie, 8°, Genève, 1785; p. 306).

Trois explications principales ont été proposées pour ce phénomène.

La première et la plus ancienne se trouve dans *Strabon* (Res geographicae [G], lib. III, cap. 95) et dans *Ptolémée* (Ptolemaeus, MCo, lib. I, cap. 2); elle consiste à admettre que l'astre est grossi par la réfraction, comme les corps qu'on voit au fond de l'eau. Une erreur de jugement concourt au même résultat, en nous faisant supposer

la distance plus grande à l'horizon qu'au zénit, par suite de l'interposition des objets intermédiaires. Cette explication a été défendue par

Descartes, Dioptrique, 1637, chap. 6.

Malebranche, Recherche de la vérité, 2 vol. 12°, Paris; vol. 1, 1674, lib. I, cap. 7.

Wallis, Treatise of algebra, fol., London, 1685; cap. 102.

Gouye, Observation sur la grandeur apparente de la Lune à l'horizon et au méridien. Paris, H & M, 1700, his, 8.

La seconde explication est celle qui pose en principe que le ciel, à la surface duquel nous paraissent les astres, est une voûte surbaissée, dont les pieds, dit *Alhazen* (Optica, lib. VII, prop. 55), sont plus distants de nous que le sommet, de toute la grandeur du rayon de la Terre. Cette théorie de la voûte surbaissée a eu successivement pour adhérents, après le savant arabe que nous venons de citer :

Vitellio, Optica, lib. X, prop. 54.

R. Baco [XIIIe siècle], Perspectiva, 4°, Francofurti, 1614; part. II, dist. III, cap. 6.

Johannes *Pisanus* [*Petsanus*] [XVe siècle], Perspectiva communis, 4°, Norimbergae, 1542; lib. II, prop. 62.

Keplerus, Ad Vitellionem paralipomena, 4°, Francofurti, 1604; cap. 4, § 7, p. 133. — Reproduit : Keplerus, Opa, II, 1859, 219.

Keplerus, Epitome Astronomiae copernicanae, 8°, Lentiis & Francofurti, 1618-1622; lib. I, part. 3, p. 81. — Reproduit : Keplerus, Opa, VI, 1866, 157.

Hortensius [*Van den Hove*], Dissertatio cum Gassendo de Mercurio in Sole viso et Venere invisa, 4°, Lugduni Batavorum, 1633.

1663. *Gassendi*, Epistolae quatuor de apparente magnitudine Solis humilis et sublimis, 4°, Parisiis, 1642. — Reproduit : Gassendus, Opa, III, 1727, 535.

Gregorius, D., Astronomiae physicae et geometricae elementa, fol., Oxoniae, 1702; lib. II, prop. 65.

Smith, R., Compleat system of opticks, 2 vol. 4°, Cambridge, 1738; vol. 1, book I, ch. 5, nos 160-164.

[*Anonyme*], De apparente objectorum distantia et magnitudine, 4°, Romae, [1769].

La troisième théorie attribue l'agrandissement apparent des astres près de l'horizon, à l'interposition des vapeurs qui en affaiblissent l'éclat et les grossissent. Cette

hypothèse est également dans *Alhazen*, Optica, lib. VII, prop. 51. Elle a été successivement exposée par

Vitellio, Optica, lib. X, prop. 53.

Scheiner, Sol ellipticus, hoc est novum et perpetuum Solis contrahi soliti phaenomenon, 4°, Augustae Vindelicorum, 1615. — Il reprend cette explication dans son Oculus, hoc est fundamentum opticum, 4°, Oeniponti, 1619.

R. Baco, Perspectiva, 4°, Francofurti, 1614; part. III, dist. II, cap. 4.

Johannes *Pisanus* [*Petsanus*], Perspectiva communis, 4°, Norimbergae, 1542; lib. III, prop. 12.

Bettini, Apiaria universae philosophiae mathematicae, 2 vol. fol., Bononiae, 1641-1642; lib. VIII (paradoxa astronomica), progymn. IV, prop. 1, 2.

Le Cat, Traité des sons; 8°, Rouen, 1740.

Gassendi a parlé aussi d'une influence due à la dilatation de la pupille, lorsque l'éclat du Soleil est affaibli à l'horizon (De apparente magnitudine Solis, cité plus haut; p. 6, 43, 82, 85).

Voyez en outre :

1664. Molyneux, W. A discourse concerning the apparent magnitude of the Sun and Moon, or the apparent distance of two stars, when nigh the horizon and when higher elevated. London, PTr, 1687, 314.

1665. Walker, E. On the apparent size of the horizontal Moon. JnP$_1$, IX, 1804, 164.

La question toutefois reste au point où les physiciens du XVIIIe, ou même ceux du XVIIe siècle, l'ont laissée.

§ 129. ABAISSEMENT CRÉPUSCULAIRE.

Alhazen, vers l'an 1090, fut le premier à faire des observations suivies des crépuscules. (*Alhazenus*, De crepusculis, dans *Risnerus, F.*, Opticae thesaurus; fol., Basileae, 1572.)

Après lui vint le Portugais *Nuñez*, en latin *Nonius*, dont les recherches sont consignées dans un ouvrage dont voici le titre :

1666. P. Nonii, De crepusculis; item *Allacen* arabis de causis crepusculorum, a *Gerardo* Cremonensi jam olim latinitate donatus, nunc vero omnium primum in lucem editus; 4°, Olyssipone, 1542.

La plus ancienne appréciation de l'abaissement du Soleil qui correspond à la limite des crépuscules, est celle qu'on peut inférer d'une donnée de *Posidonius*, rapportée par *Pline*. Le tableau suivant renferme les valeurs qui ont été attribuées à cet abaissement, nommé crépusculaire.

Valeurs attribuées à l'abaissement crépusculaire.

—60 ∓	POSIDONIUS cité par *Pline*. (Historia naturalis, lib. II, cap. 52.)	19°
150 ∓	PTOLEMAEUS. (Apparentiae inerrantium stellarum, 4°, Urbini, 1592.) Apparition des étoiles de 1re grandeur	12
	Fin du crépuscule astronomique.	18
1000 ∓	ALHAZEN. (De causis crepusculorum, cap. 1, à la suite de *Nonius*, De crepusculis, 4°, Olyssipone, 1542.)	19
Fin XIIIe siècle.	VITELLIO (Optica, fol., Basileae, 1572, lib. X, prop. 60.)	19 ∓
1542.	NONIUS. (De crepusculis, 4°, Olyssipone; part. II, prop. 18.) .	16
1550.	CARDAN. (De subtilitate, fol., Norimbergae; lib. IV.)	19
1556.	GEMMA Frisius. (De astrolabo catholico, 8°, Antuerpiae; supplem.)	18
1567.	SCULTETUS. (Phaenomena novilunii ecliptici, 4°, Gorliciae; lib. II.) . . . . Au plus	19
1570.	CLAVIUS. (Commentarius in sphaeram J. de Sacro-Bosco; éd. 4°, Romae, 1606, p. 131.).	19
1585.	BAROCIUS. (Cosmographia, 8°, Venetiis, p. 198.)	19
1586.	ROTHMANN. (*Brahaeus*, Epistolarum astronomicarum libri duo, 2 vol. 4°, Francofurti, 1610; 21 et 24 Feb. 1586.) Fin du crépuscule astronomique	24
1589.	STEVINUS. (Cosmographie, part. II, geographia, lib. III, prop. 2; reproduit dans ses Mathematica hypomnemata, publiés par *Snellius*, fol., Lugduni Batavorum, 1608; et dans ses OEuvres mathématiques, données en français par *A. Girard*, 2 vol. fol., Leyde, 1634, vol. II, p. 150.)	19
16...	CONIMBRICENSES. (De coelo, lib. III, cap. 3, quaest. 2.) . . .	19
1602.	Tycho BRAHÉ. (Brahaeus, AIP, éd. 1610, I, 95, 755; II, 410.)	16 à 17
1602.	MAGINI. (Tabulae primi mobilis, fol., Venetiis; lib. XI, probl. 50.)	18
1606.	CLAVIUS. (De crepusculis, cap. 5, prop. 6; à la suite de l'édition du Commentarius cité plus haut.)	18

1618.	KEPLER. (Epitome astronomiae copernicanae, lib. III, part. 5; — Keplerus, Opa, VI, 1866, 285.) — Apparition de Vénus	9°
	Apparition de Jupiter et de Mercure	10
	— de Saturne	11
	— de Mars	11 ½
	— des étoiles de 1re grandeur	12
	— — 2me —	13
	— — 3me —	14
	— — 4me —	15
	— — 5me —	16
	— — 6me —	17
	des plus petites étoiles visibles à la vue simple	18
1619.	SNELLIUS. (Descriptio cometae qui anno 1618 effulsit, 4°, Lugduni Batavorum.)	19
1620.	BLANCANUS. (Sphaera mundi seu cosmographia demonstrativa, 4°, Bononiae; lib. VI, cap. 5; lib. X, cap. 15.)	18
1621.	ROSSENBACH, rapporté par *Tanner*. (Dissertatio peripateticotheologica de coelis, 4°, Ingolstadii; quaest. 7.)	19
1622.	LONGOMONTANUS. (Astronomia danica, 4°, Amsterodami; sphaerica, lib. II, cap. 11.)	20
1624.	GLORIOSO. (De cometis dissertatio astronomico-physica, 4°, Venetiis; lib. II, cap. 2.)	18
1644.	RESTA, F. (Meteorologia de igneis, aereis aqueisque corporibus, 4°, s. l., lib. II, tract. I, cap. 2.)	19
1644.	WENDELIN. (Luminarcani, 4°, Antuerpiae, 1644; praef., p. 5.)	19
...?	COTTUNIUS. (Meteorologica, lib. I, lect. 33.)	19
1647.	GASSENDI. (Institutio astronomica, 4°, Parisiis; lib. I, cap. 18. — Gassendus, Opa, IV.)	18
1651.	RICCIOLI donne pour la limite de l'absence complète du jour ou limite du crépuscule astronomique (Ricciolus, Alm, I, 39) : aux équinoxes, le matin.	16
	— le soir	20 30'
	au solstice d'été, le matin	21 25
	— d'hiver, le matin	17 25

1679.	Hevelius. (Machinae coelestis pars posterior, fol., Gedani; lib. II et III) : pour apercevoir Vénus	2°
	— Jupiter	3
	— Mercure	3 à 4
1692?	J. D. Cassini. (Cité : Lalande, Ast_3, II, 1792, 336.) — Fin du crépuscule astronomique	15
1751.	La Caille. (Paris, H & M, 1751, 434.) — Coucher de la lumière crépusculaire à l'horizon de la mer, par une première observation	16 38'
	Par une seconde observation	17 43
1760.	Lambert. (Photometria sive de mensura et gradibus luminis, 8°, Augustae Vindelicorum; part. V, cap. 3, n° 1029, p. 436.) — Instant où la courbe crépusculaire franchit le zénit, ou fin du crépuscule civil [gemeine Dämmerung]	6 23
	Fin du crépuscule général. (ibid., part. V, cap. 3, n° 997, p. 444.)	18 30
1772.	Lalande. (Ast_1, liv. VIII, n° 1606, t. II.) — Apparition de Sirius dans le crépuscule du soir	10
1782.	Wurm, par ses observations. (BaJ, 1803, 163) — Apparition dans le crépuscule de Vénus	1
	Apparition dans le crépuscule de Jupiter	4
	— — des étoiles de 1re grandeur	6½
	— — de Saturne	7
	— — des étoiles de 2me grandeur	9
	— — — 3me —	11
	— — — 4me —	13
1859.	Liais. (Paris, CRh, XLVIII, 110.) — Coucher du 1er arc crépusculaire	11 42
	Coucher du 2me arc crépusculaire	16 18
1865.	J. Schmidt, par les moyennes de ses observations. (ANa, LXIII, 1865, 105.) — Apparition des étoiles de 1re grandeur	+ 0 40 (*)
	— — 2me —	− 4 18
	— — 3me —	3 4
	— — 4me —	6 30
	— — 5me —	8 32
	— — 6me —	11 39
	Fin du crépuscule astronomique	15 35

(*) Le signe + signifie que le Soleil est élevé sur l'horizon, et le signe − qu'il est abaissé au-dessous de ce plan.

Roscoe et *Baxendell* (London, Prc, XV, 1867, 20; reproduit en allemand dans APC_1, CXXVIII, 1866, 291) ont étudié les intensités relatives de la lumière diffuse, provenant de l'atmosphère éclairée par le Soleil. Il résulte de leurs observations que l'intensité I de cette lumière, pour les différentes distances zénitales z de l'astre, peut être représentée par la formule

$$I = a + b\cos z - c\cos^2 z,$$

où a, b, c, sont des constantes essentiellement positives, qui dépendent de l'état de l'atmosphère.

Zenger (London, MNt, XXXVIII, 1878, 66), en supposant l'air serein, et en prenant pour unité l'éclat au lever du Soleil, en même temps qu'il réduit cet éclat à 0 pour un abaissement de l'astre de 18°, trouve

$$I = 1 + 3{,}2361 \cos\varphi \cos\delta (\cos t + \tang\varphi \tang\delta).$$

Ici φ représente la latitude du lieu, δ la déclinaison du Soleil et t l'angle horaire de cet astre.

Les intensités diverses de la lumière d'un astre, à différentes hauteurs sur l'horizon, sont considérées par *Laplace* (Exposition du système du monde, lib. I, ch. 10; 5e édit., 1824, t. I, p. 182), d'après les expériences de *Bouguer* (Essai d'optique, édit. 1729, p. 71; édit., 1760, p. 79; — voir plus loin § 137, n° 1721) sur l'absorption exercée par l'atmosphère.

L'éclat total ou réel d'un astre étant pris pour unité, celui observé E, à une distance zénitale z, est sensiblement, au moins jusqu'à une faible distance de l'horizon,

$$\text{Log } E = \frac{A}{\cos z}.$$

A est une constante, qui a été déterminée comme suit, pour une atmosphère sereine :

Valeurs attribuées au coefficient d'absorption de la lumière dans l'atmosphère.

1729.	Bouguer. (Essai d'optique sur la gradation de la lumière, 12°, Paris, 1729, p. 71. — Comp. 2e édit., 1760, p. 79.)	0,813
1760.	Lambert. (Photometria, 8°, Augustae Vindelicorum; n° 886, p. 397.)	0,588 9
1850.	H. von Schlagintweit. (ANa, XXXI, 1851, 359. — Comp. Leipzig, Vjh, III, 1868, 143.)	0,857
1862.	Seidel. (München, Abh_2, IX, III, 1862, 303.)	0,78

La table d'absorption de *Seidel* est reproduite dans *Zöllner*, Photometrische Untersuchungen, 8°, Leipzig, 1865, p. 196.

Consultez en outre :

1667. Wild, H. Ueber die Lichtabsorption der Luft. Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern, 8°, Bern; année 1867, p. 221; année 1868, p. 113.

On voit par une table de *E. Weiss* (AN. LXXXVIII, 1876, 183) qu'à 80° de distance zénitale on perd une grandeur entière d'étoiles, et à 87° deux grandeurs.

§ 130. DISPERSION, IRRADIATION, DIFFRACTION.

Bouguer observa le premier la dispersion des rayons des étoiles dans l'atmosphère. (*Bouguer*, Traité d'optique sur la gradation de la lumière, 12°, Paris, 1729; 2e éd., 4°, Paris, 1760). Ce sont les spectres naturels formés, dans le sens vertical, par la séparation des rayons de réfrangibilité inégale. *W. Herschel* tenta de mesurer ces spectres (London, PTr, 1785, 213); il fut suivi dans cette voie par

1668. Stephen Lee. On the dispersive power of the atmosphere and its effects on astronomical observation. London, PTr, 1815, 373; en allemand dans BaJ, 1819, 113.

F. Struve trouvait 22″ d'étendue verticale à l'image de α Piscis austrini, culminant sur l'horizon de Dorpat (Dorpatum, Obs, IV, 1828, 23), et *T. R. Robinson* trouvait également 22″ au spectre de α *Lyrae*, à son passage au méridien inférieur, sur l'horizon d'Armagh (Dublin, Tra., XIX, 1843, 194). *F. Struve* conclut de ses observations que la dispersion est environ $\frac{1}{70}$ de la réfraction (Struve, SMm, 1857, lv); mais la faiblesse des couleurs extrêmes permet difficilement de distinguer ces spectres, au delà de 30° d'élévation de l'étoile sur l'horizon (ibid., p. lvj). *Secchi* (Le stelle, 8°, Milano, 1877; cap. II, n° 7, p. 125) réduit la mesure de *Struve* à 14″, parce qu'il faut, dit-il, ôter une quantité égale au diamètre apparent de l'étoile, qui, ainsi que le montrait la largeur horizontale de l'image, était de 8″.

En 1838, *Bessel* fit à l'héliomètre quatre mesures du spectre de α Piscis austrini (Königsberg, Beo, XXIV, 1848, 87). Ces mesures ont été calculées par

1669. Montigny, C. Note sur le pouvoir dispersif de l'air. Bruxelles, Bul₂, XXIV, 1867, 325.

Cet auteur montre que les dimensions observées s'accordent dans des limites tolérables, avec celles que l'on calcule au moyen des indices de réfraction.

On peut rattacher à ce sujet les études sur la coloration des astres près de l'horizon. La teinte rougeâtre, ordinaire dans le voisinage de ce cercle, a fait l'objet d'un travail intéressant de

1670. Forbes, J. D. On the colours of the atmosphere. Edinburgh, Tra, XIV, 1840, 373.

Les couleurs artificielles des étoiles, à mesure qu'elles s'abaissent sur l'horizon, ont été étudiées par

1671. Poey, A. Ley de la coloracion y decoloracion de las estrellas en su ascencion y declinacion del horizonte al zenit y vice-versa.

Dans le Boletin del Instituto de geographia y estadistica de la Republica Mexicana, 8°, Mexico; vol. VIII, 1860, p. 267. — Reproduit en français dans l'Annuaire de la Société météorologique de France, 8°, Paris; t. VIII, 1860, p. 146.

Voyez aussi

1672. Montigny, C. Note sur des phénomènes de coloration des bords du disque solaire près de l'horizon. Bruxelles, Bul₂, XXVIII, 1869, 423.

L'étude détaillée de la coloration des astres par l'effet de l'atmosphère, le Soleil bleu, les teintes du ciel, les gloires, les brouillards lumineux, rentrent d'ailleurs comme les iris et les halos, dans le domaine de la météorologie : on se dispensera d'en parler ici.

Sur l'irradiation, nous allons nous borner à renvoyer au mémoire classique de *Plateau*, où l'astronome trouvera ce qui peut lui être utile, au sujet de ce phénomène, dans ses observations journalières :

1673. Plateau, J. Mémoire sur l'irradiation. Bruxelles, Mém₁, XI, 1838, n° 4.

Il y a des additions à ce travail dans Bruxelles, Bul₁, VI, 1839, I, 501; II, 102.

Sur la diffraction, au point de vue de l'usage des instruments optiques d'astronomie, on consultera

1674. André, C. Étude de la diffraction dans les instruments d'optique, son influence sur les observations astronomiques. Paris, AEn₂, V, 1876, 273 ...

Et en ce qui touche particulièrement les passages des planètes devant le Soleil :

1675. André, C. Sur une nouvelle correction a apporter aux observations astronomiques résultant de la diffraction de la lumière. Bms$_2$, I, 1877, 64.

§ 131. SCINTILLATION.

La scintillation des étoiles est déjà mentionnée par *Aristote* (De coelo [G], lib. II, cap. 8). *Képler* en chercha la cause (De stella nova in pede Serpentarii, 4°, Pragae; p. 92. — Reproduit : Keplerus, Opa, II, 1859, 679). Cette cause fut longtemps placée dans l'œil. Diverses circonstances devaient pourtant donner à penser qu'il s'agissait d'un phénomène météorologique. Ainsi *Garcin* avait fait la remarque (JdS$_1$, 1743, 273) que la scintillation disparaît ou a peu près, dans les pays où l'air est « pur et serein. »

Hooke avait signalé, en 1665, le changement successif des couleurs dans les étoiles qui scintillent. (Micrographia, fol., Londini, 1667; p. 218). Mais ce fut seulement dans notre siècle que *Nicholson* donna le moyen d'étudier, ou plutôt d'analyser ce phénomène. Il étala l'image de l'étoile, sous forme de ruban, en imprimant une agitation à la lunette (JnP$_1$, XXXIV, 1813, 116). Il devint alors évident que la scintillation résultait d'altérations rapides de l'image.

En 1810, *Arago* donna une première explication physique de la scintillation, en l'attribuant aux interférences de rayons qui arrivent dans l'œil par des routes un peu différentes (Dans *Humboldt, A. de*, Voyage aux régions équinoxiales du nouveau continent, 12 vol. 8°, Paris; t. IV, 1816, p. 285). Il y revint en 1824 (Annales de chimie et de physique, par *Gay-Lussac* & *Arago*, 8°, Paris; t. XXVI, 1824, p. 451); et il a développé plus tard ses idées à ce sujet dans :

1676. Arago, F. Mémoire sur la scintillation des étoiles. Paris, Crh, X, 1840, 83. — Reproduit : Arago, OEu, VII, 1858, 100.

Montigny, considérant que les rayons de réfrangibilité inégale qui, d'une même étoile, parviennent à l'œil, parcourent dans l'atmosphère des routes notablement différentes, s'est demandé si certains de ces rayons n'éprouvent pas des réflexions totales momentanées, aux surfaces de séparation des ondes atmosphériques :

1677. Montigny, C. La cause de la scintillation ne dériverait-elle point de phénomènes de réfraction et de dispersion par l'atmosphère? Bruxelles, Mer, XXVIII, 1856. — Comparez : Bruxelles, Bul$_2$, XXIX, 1870, 80.

A la même époque, *Dufour* publia le résultat de nombreuses recherches expérimentales :

1678. Dufour, C. Sur la scintillation des étoiles. Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles, 8°, Lausanne; t. V, 1856, p. 17. — Reproduit : Bruxelles, Bul$_1$, XXIII, 1856, 566.

Dans ce mémoire, l'auteur établit les trois lois de la scintillation, qui portent son nom : 1) les étoiles rouges scintillent moins que les jaunes, et les jaunes moins que les blanches; 2) à différentes hauteurs sur l'horizon, la scintillation est proportionnelle au coefficient de la réfraction astronomique multiplié par le trajet que le rayon a parcouru dans l'atmosphère; 3) la scintillation diminue quand le diamètre de l'astre augmente.

Respighi a fait connaître le mouvement des bandes dans les spectres des étoiles, qui, causé par le mouvement diurne du globe, est inverse des deux côtés du méridien :

1679. Respighi, L. Applicazione del spettroscopio alla scintillazione delle stelle. Rome, Att, XXI, 1868, 52, 137; XXII, 1869, 124.

Il y a une bonne analyse des travaux de *Respighi* et de *Montigny* sur la scintillation, dans *Flammarion* (Études et lectures sur l'Astronomie, 12°, Paris; t. VI, 1875, p. 116).

On étudie aujourd'hui la scintillation à l'aide de l'instrument imaginé par *Montigny*, et décrit dans l'article dont voici le titre :

1680. Montigny, C. Note sur un nouveau scintillomètre. Bruxelles, Bul$_2$, XVII, 1864, 260.

Indépendamment de la scintillation, on a signalé un phénomène, appelé par *Humboldt* « Sternschwanken » (Berlin, Ber, 1851, 194), c'est-à-dire trémulation des étoiles. Il consiste dans une sorte de danse apparente des étoiles, qui semblent éprouver des déplacements en sens divers allant parfois à plus d'un degré.

La première observation de cette espèce qui soit conservée, est celle que fit *Humboldt* au pic de Ténériffe, en 1799 (MCz, I, 1800, 395, et *A. de Humboldt*, Voyage aux régions équinoxiales du nouveau continent, 12 vol. 8° et atlas 4°, Paris; t. I, 1816, p. 269).

Schweizer, tout en admettant qu'il peut se produire, dans l'air agité et d'inégale température, un tremblement réel des images, d'ailleurs toujours limité, a cherché à

montrer que la trémulation proprement dite des étoiles est due à des vibrations du globe de l'œil. Voyez

1681. Schweizer, G. Ueber das Sternschwanken. Bulletin de la Société des naturalistes de Moscou, nouvelle série, 8°, Moscou; vol. XXX, part. II, 1857, p. 440; vol. XXXI, part. I, 1858, p. 477.

Dans le second de ces mémoires, les observations les plus curieuses du « Sternschwanken » sont passées en revue.

§ 132. PHÉNOMÈNES OPTIQUES DES ÉCLIPSES.

Nous ne parlons ici que des apparences qui ont leur source en dehors de l'astre éclipsé. Celles dont le siége est dans le Soleil ou dans la Lune seront considérées aux monographies de ces astres, chap. VIII et XIII.

La lumière que la Lune conserve dans ses éclipses, même ses éclipses totales, a été signalée par *Pline* (Historia naturalis, lib. II, cap. 9). Elle est due aux rayons qui rasent le globe terrestre, et qui, en s'infléchissant, pénètrent dans le cône d'ombre géométrique. Cette question a été traitée d'une manière détaillée par

1682. Duséjour, D. Détermination de la quantité de lumière que reçoit la Lune dans une éclipse totale avec demeure dans l'ombre. Duséjour, Tall, I, 1786, 665.

Il y a sur ce sujet un mémoire de

1683. Clapiès, J. de. Mémoire sur les diverses apparences de la Lune éclipsée.

Dans Histoire et mémoires de l'Académie de Toulouse, 4°, Toulouse; t. I, 1782, p. 102.

On peut voir aussi :

1684. Mädler, J. H. Bemerkungen über Licht und Farbe des verfinsterten Mondes. ANn, XIX, 1842, 199.

1685. Liais, E. Lumière qui éclaire pendant les éclipses la portion de la Lune placée dans l'ombre de la Terre. Paris, Crh, XLVI, 1858, 462.

1686. Airy, G. B. On the amount of light given by the Moon at the greatest stage in the excentrically-total eclipse, 1863, June 1st. London, MNt, XXIV, 1864, 67.

Suivant *Babinet*, la limite de l'ombre trahit, par ses caractères, la nature des régions terrestres où ont passé les rayons rasants :

1687. Babinet, J. Éclipse de Lune du 1er juin 1863. Cos, XXIII, 1863, 59.

Les dimensions calculées de l'ombre de la Terre, dans la région de la Lune, ne sont pas d'accord avec celles que l'on déduit de l'observation des éclipses. Le rayon réel du disque d'ombre est toujours plus grand que le rayon géométrique. La première évaluation de cet agrandissement se trouve dans les tables de *Lahire* (Tabularum astronomicarum pars prior, 4°, Parisiis, 1687; p. 75), qui la faisait d'abord de 90″, soit $\frac{1}{31}$. Mais cet astronome s'arrêta définitivement à un chiffre moindre. Jacques *Cassini* et Tobie *Mayer* ont confirmé l'existence de cet agrandissement.

Valeurs attribuées à l'agrandissement du rayon de l'ombre de la Terre, dans les éclipses de Lune.

1707. P. DE LAHIRE (Tabulae astronomicae, 2e éd., Parisiis, 1707), 60″, soit	1/[illegible]
1740. J. CASSINI (Tables astronomiques, 4°, Paris, 1740; texte, p. 34). 20″, soit	1/[illegible]
1746. LE MONNIER (Ins, 1746, 251), 30″, soit	1/[illegible]
1752. T. MAYER (Gotinga, Cii, I, 1752)	1/[illegible]
1755. LEGENTIL (Paris, H & M, 1755, 46), dans l'équateur, 40″, soit . .	1/[illegible]
Selon le rayon polaire, 100″, soit.	1/[illegible]
1762. LAMBERT (Briefwechsel, 8°, Berlin, 1782)	1/[illegible]

Dans les temps récents cet agrandissement a été trouvé comme suit :

Par MÄDLER (ANn, XXII, 1845, 366), éclipse du 26 déc. 1833, par 22 taches.	1/[illegible]
— 13 oct. 1837, — 16 —	1/[illegible]
— 24 nov. 1844, — 57 —	1/[illegible]

Ces mesures donnent l'agrandissement dans l'équateur, d'après l'entrée et la sortie des taches. *Beer* et *Mädler* ont fait, au micromètre, une mesure de l'agrandissement polaire, pendant l'éclipse du 10 juin 1835, et ils ont trouvé 1/[illegible] (Beiträge zur physischen Kenntniss der himmlischer Körper im Sonnensysteme, 4°, Weimar, 1841; p. 55. — Et dans l'édition française : Fragments sur les corps célestes du système solaire, 4°, Paris [Copenhague], 1840; p. 52).

J. Schmidt (Der Mond, 8°, Leipzig, 1856; p. 142) a publié les résultats suivants :

Éclipse du 26 janv. 1842, paral.		61′24″,6	. . . .	1/[illegible]
—	31 mai 1844,	— 61 15,5	. . . .	1/[illegible]
—	24 nov. 1844,	— 55 59,9	. . . .	1/[illegible]
—	19 mars 1848,	— 54 25,0	. . . .	1/[illegible]
—	6 mars 1849,	— 56 54,7	. . . .	1/[illegible]

Pour les éclipses de Soleil, on consultera le travail de

1688. Baily, F. On a remarkable phenomenon that occurs in total and annular eclipses of the Sun. London, MAS, X, 1838, 1.

Il y décrit les apparences des grains blancs, du peigne et de la goutte noire.

La plupart des phénomènes optiques qui se produisent dans les éclipses de Soleil, se retrouvent au reste dans les passages des planètes devant cet astre : on en reparlera dans le § suivant.

Voyez en outre :

1689. Powell, B. Beads in annular eclipses. London, MNt, VIII, 1848, 23.

1690. Airy, G. B. On the origin of the apparent luminous band which, in partial eclipses of the Sun, has been seen to surround the visible portion of the Moon's limb. London, MNt, XXIV, 1864, 15.

1691. Challis, J. On the bright band bordering the Moon's limb in solar eclipses. London, MNt, XXV, 1865, 18.

§ 133. PHÉNOMÈNES OPTIQUES DES PASSAGES DES PLANÈTES.

L'anneau lumineux qui, pendant le passage, entoure la planète, a été signalé au transit de Mercure du 11 novembre 1736, par

1692. Cassini, J. Observation du passage de Mercure devant le Soleil du 11 novembre 1736, faite à Thury près de Clermont en Beauvoisis. Paris, H & M, 1736, 435.

Et par

1693. Plantade, F. de. Observation du passage de Mercure sur le disque du Soleil du 11 novembre 1736, faite à Montpellier. Histoire de la Société des sciences établie à Montpellier, avec les Mémoires, 4°; t II, Montpellier, 1768, p. 163.

L'anneau se voit aussi autour de Vénus; il a déjà été indiqué au passage de 1761 par différents observateurs, savoir : *de Fouchy*, *Le Monnier*, *Chappe d'Auteroche* et *Wargentin* (Paris, H & M, 1761, 365).

Au même passage de Vénus de 1761, *Le Monnier* avait en outre fait la remarque qu'on pouvait encore suivre la planète une minute ou deux après sa sortie (Paris, H & M, 1761, 72).

La tache claire, au centre du disque noir de la planète, lorsqu'on regarde celle-ci sur le Soleil, a été signalée pour la première fois, lors du passage de Mercure du 3 novembre 1697, par *Wurzelbau*, à Nuremberg. On verra à cet égard, comme pour les diverses particularités offertes par les passages de Mercure, la notice de

1694. L'Isle, J. N. de. Avertissement aux astronomes sur le passage de Mercure au-devant du Soleil, qui doit arriver le 6 mai 1753; 4°, Paris, 1753.

On trouve dans ce travail un catalogue de toutes les observations des passages de Mercure sur le Soleil.

Pour une revue plus moderne des détails relatifs aux divers phénomènes optiques, qui se produisent dans les passages des planètes inférieures devant le Soleil, on consultera :

1695. Powalky, C. Die Phänomene bei den inneren Berührungen des Venusdurchganges von 1769. ANa, LXXIV, 1869, 257.

Les notices suivantes traitent en détail de plusieurs des apparences signalées :

1696. Wolf, C. & André, C. Recherches sur les apparences singulières qui ont souvent accompagné l'observation des contacts de Mercure et de Vénus avec le bord du Soleil. Paris, MOb, X, 1874, a 1. — Reproduit : Paris, MRD, I, 1874, 115.

1697. Bakhuijzen, H. G. Van de Sande. Die Bildung des sogenannten Schwarzen Tropfens beim Venusvorübergange. ANa, LXXXIII, 1874, 305.

1698. Stone, E. J. On some phenomena of the internal contacts common to the transits of Venus, observed in 1769 and 1874, and some remarks thereon. Lond[illegible] MNt, XXXVII, 1877, 45.

Les études relatives aux effets de diffraction dans les passages des planètes sont résumées dans :

1699. André, C. & Angot, A. Origine du ligament noir dans les passages de Vénus et de Mercure et moyen de l'éviter; 4°, Paris, 1881. — Par extraits dans ANn, Cl, 1882, 53.

Enfin on trouvera beaucoup d'observations groupées, dans le travail suivant, à l'occasion du passage de Mercure arrivé en 1878 :

1700. Niesten, L. Des phénomènes physiques accompagnant les passages de Mercure sur le Soleil. Bruxelles, Ann, 1881, 159.

§ 134. PHÉNOMÈNES OPTIQUES DES OCCULTATIONS.

La persistance des étoiles sur le disque lunaire, lors des occultations, paraît avoir été remarquée pour la première fois par *Maestlin* (Disputatio de multivariis motuum planetarum apparentibus irregularitatibus, 4°, Tubingae, 1606; thes. 158), en 1595, à l'occasion d'un passage de la Lune devant la planète Mars. Elle le fut certainement par *Feuillée*, à Marseille, en 1699 (Paris, H & M, 1699, his, 78), après l'invention du télescope.

L'attention a été fortement attirée sur ce phénomène par le travail suivant :

1701. South, J. References to recorded observations, in which peculiarities have been apparently seen, either at the Moon's limb or upon her disc, together with an inquiry how far certain hypotheses seem adequate to account for the phenomenon of apparent projection. London, MAS, III, 1829, 303.

Ce mémoire contient un relevé des principales observations, dans lesquelles l'étoile, lors d'une occultation, a paru se projeter sur le disque de la Lune.

Des différentes explications qui ont été proposées pour rendre compte de ce phénomène, la première fut celle de *Lahire*. Ce savant suppose que la lunette n'est pas exactement au point, et que l'image de la Lune est ainsi agrandie par dissipation de lumière (Paris, H & M, 1699, 151). Telle est aussi l'explication adoptée par *Arago* (Arago, Apo, III, 1856, 365).

Une autre explication fut celle qui attribue cet effet à la dissipation de lumière, dans l'œil, due à la vision indistincte. Elle est de

1702. Jurin, J. An essay upon distinct and indistinct vision; 4°, Cambridge, 1738.

Voir le n° 96 de ce travail, qui est imprimé à la fin du vol. II du Complete system of opticks by *R. Smith*. Il est aussi inséré en français à la suite du liv. 1, dans le tom. I de la traduction de cet ouvrage par *P[ezenas]*, 2 vol. 4°, Paris, 1767.

On a également attribué la persistance des étoiles sur la Lune à l'inflexion des rayons qui rasent le bord de cet astre :

1703. L'Isle, J. N. de. Mémoire pour servir à l'histoire et au progrès de l'Astronomie, de la géographie et de la physique; 4°, Saint-Pétersbourg, 1738.

Voir à la p. 249.

Duséjour a cru que peut-être la lumière de la Lune est plus réfrangible que celle de l'étoile :

1704. Duséjour, D. Conjecture sur la cause qui, dans les occultations des étoiles par la Lune, fait paraître l'étoile sur le disque du Soleil [lisez de la Lune].

Dans Duséjour, TaM, I, 1786, 429.

En dernier lieu *Airy* a donné un travail dans lequel il a formé un tableau des observations :

1705. Airy, G. B. On the apparent projection of stars upon the Moon's disk in occultations. London, MAS, XXVIII, 1860, 173.

Examinant la cause de ce phénomène, cet astronome l'attribue à la manière de percevoir les anneaux d'interférence qui entourent la Lune, et dans lesquels l'étoile se trouve, lorsqu'on croit l'apercevoir dans l'intérieur du disque.

Voyez encore :

1706. Respighi, L. Sopra alcuni straordinari fenomeni osservati nelle occultazioni delle stelle sotto il disco della Luna. Bologna, Mem', XI, 1861, 301. — Reproduit : Annuario dell' Osservatorio dell' Università di Bologna, 8°, Bologna; année 1862, p. 195.

§ 135. FAUSSES IMAGES.

Parmi les apparences qui ne sont que des illusions pour l'observateur, il faut mentionner en première ligne les images factices, qui accompagnent parfois l'image principale réelle. Il est souvent arrivé, par exemple, qu'on a vu, dans le champ de la lunette, de faux points de lumière, à côté d'une étoile véritable. *Bianchini*, faisant usage d'un réfracteur de près de 4^m de foyer, a cru apercevoir cinq petites étoiles à

côté de ζ Lyrae; et *Grischow*, étant en Angleterre en 1748, écrivait qu'on avait vu un satellite qui tournait autour de α Lyrae (Lalande, Ast_3, I, 1792, 270). Pourtant ces observations n'ont pas été confirmées.

La question de l'origine de ces images a pris surtout de l'intérêt à l'occasion des observations d'un prétendu satellite de Vénus (voir plus loin, chap. XI). *Hell* a cru pouvoir l'expliquer par les réflexions qui s'opèrent à la partie postérieure de la pupille (EpV, 1766, 28 et suiv.).

C. A. von Steinheil regarde ces « falsche Sterne » comme formées dans l'oculaire (WfA, VII, 1864, 296).

Quant aux rayons qui, pour l'œil nu, semblent diverger des étoiles, ce sont les caustiques formées sur la rétine par les liquides de l'œil et particulièrement par les larmes. On s'en assure en remarquant qu'ils s'inclinent à mesure que l'observateur incline la tête. Voyez :

1707. Hassenfratz, J. H. Sur la forme apparente des étoiles et des lumières vues à une très-grande distance et sous un très-petit diamètre. Annales de chimie, dirigées par *G. de Morveau*, 8°, Paris; t. LXXII, 1809, 5.

§ 136. POLARISATION ET COLORIMÉTRIE.

La plus ancienne application du polariscope à une étude astronomique, est celle qu'*Arago* fit de cet instrument à la principale comète de 1819 :

1708. Arago, F. Polarisation de la lumière des comètes; observations de la brillante comète de 1819. Arago, OEu, XI, 1859, 509.

Ce fut seulement beaucoup plus tard que la question, reprise à peu près simultanément par plusieurs observateurs, devint l'objet d'un examen plus approfondi et plus suivi. Nous allons indiquer les travaux les plus intéressants exécutés dans cette direction.

En premier lieu, sur la polarisation de la lumière de la Lune :

1709. Secchi, A. Note on the recent occultation of Saturn by the Moon, and on experiments for ascertaining the polarisation of the Moon's light. London, MNt, XIX, 1859, 289. — Comparez : ANa, LII, 1860, 93.

1710. Freeman, A. Tints and polarisation of moonlight in eclipse. Nature, a weekly illustrated journal of science, 8°, London; vol. XV, 1877, p. 398.

1711. Landerer, J. J. Essai de sélénologie. Les mondes, revue hebdomadaire des sciences, par *F. Moigno*, 8°, Paris; vol. LI, 1880, p. 854. Polarisation de lumière de la Lune en différents temps de la lunaison.

La polarisation de la lumière émanant de la couronne du Soleil a été examinée dans les éclipses les plus récentes. On trouvera des indications à ce sujet dans :

1712. Pickering, E. C. List of observations of the polarisation of the corona. Journal of the Franklin Institute of the State of Pennsylvania, 3rd series, 8°, Philadelphia; vol. LXI, 1871, p. 58.

Auquel on joindra, pour les observations plus récentes :

1713. Schuster, A. On the polarisation of the solar corona. London, MNt, XL, 1880, 35.

La lumière des comètes a fait l'objet d'observations, qui commencent à devenir nombreuses. On peut citer comme exemples :

1714. Brewster, D. Note sur la polarisation de la lumière des comètes. Paris, Crh, XLVIII, 1859, 384. — Reproduit en anglais dans PMg_4, XVII, 1859, 341.

1715. Zenker, W. Polarisation des Lichts in Kometen Coggia. ANa, LXXXIV, 1874, 173.

1716. Wright, A. W. Polariscopic observations of Coggia's Comet (1874 III). AJS_3, VIII, 1874, 186.

Les notices suivantes embrassent à la fois plusieurs applications astronomiques des expériences de polarisation :

1717. Liais, E. Sur la polarisation de la couronne des éclipses et de la lumière des comètes. Paris, Crh, XLVIII, 1859, 950.

1718. Secchi, A. Sulla polarizzazione della luce prodotta dai corpi celesti. Il nuovo cimento, 8°, Pisa; vol, IX, 1859, p. 119.

Enfin il faut mentionner en terminant les observations polariscopiques ayant pour objet la lumière zodiacale :

1719. Wright, A. W. Polarization of the zodiacal light. AJS_3, VII, 1874, 451. — Reproduit : PMg_4, XLVIII, 1874, 13; en allemand : APC_1, CLII, 1874, 355; en français : Arc_3, L, 1874, 306; en italien (avec des remarques de *P. Tacchini*) : Spettr. ital., Mem, III, 1874, app. 54.

En 1861, *Zöllner* a proposé (Grundzüge einer allgemeinen Photometrie des Himmels, 4°, Berlin, 1861; p. 15) d'exprimer numériquement la coloration des astres, en comparant leurs images aux rayons diversement teintés fournis par une source lumineuse, à travers un prisme de Nicol que l'on fait tourner d'angles connus. Il a appliqué ce principe à la mesure colorimétrique de certains astres, notamment des planètes. Voyez à ce sujet :

1720. Zöllner, F. Ueber Farbenbestimmung der Gestirne. AN, LXXI, 1868, 321.

§ 137. PHOTOMÉTRIE ASTRONOMIQUE.

Bouguer peut être considéré comme le fondateur des comparaisons photométriques. Il a publié à ce sujet un ouvrage longtemps classique :

1721. Bouguer, P. Essai d'optique sur la gradation de la lumière; 12°, Paris, 1729. — 2e édition posthume donnée par *de La Caille*, sous le titre : Traité d'optique sur la gradation de la lumière; 4°, Paris, 1760.

La première comparaison qui ait été faite entre l'intensité de la lumière de la Lune et celle du Soleil, en passant par l'intermédiaire d'une bougie, se trouve p. 25-32 de la 1re édit., et p. 85-88 de l'édit. de 1760.

A l'époque même où *La Caille* réimprimait le traité de *Bouguer*, paraissait l'ouvrage magistral de

1722. Lambert, J. H. Photometria sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae; 8°, Augustae Vindelicorum, 1760.

Dans cet ouvrage, *Lambert* se sert (part. III, cap. II, § 749, p. 341) du terme latin « albedo, » pour désigner la proportion qui existe entre l'intensité de la lumière réfléchie par un corps, et celle de la lumière qui l'a frappé. On sait que ce terme est passé maintenant, en ce sens déterminé, dans les langues savantes.

Ce sont les parties IV, V et VI de la Photometria qui ont de l'intérêt pour l'astronome. Dans la partie IV (p. 355), l'auteur calcule l'éclat des images focales télescopiques. La partie V (p. 388) traite de l'absorption des rayons lumineux dans l'atmosphère; il y est également question des crépuscules. Enfin la partie VI (p. 458) donne, d'après le calcul, entre autres résultats, la proportion de lumière des différentes phases de la Lune.

Pendant longtemps on ne connut pour la comparaison photométrique des étoiles entre elles, que l'emploi de diaphragmes devant l'objectif. C'est ainsi que procéda,

entre autres, *A. de Humboldt*, pour comparer entre elles les principales étoiles du ciel austral (CdT, an XII [1804], 414).

En 1805, *J. Vidal* fit quelques mesures de l'éclat relatif des étoiles, en observant par des ouvertures graduées plus étroites que la pupille (CdT, an XV [1807], 384).

La question en resta à ce point jusqu'à ce qu'*Arago* eût imaginé, en 1833 (*Herschel, J.*, Traité de la lumière, traduit par *P. F. Verhulst* & *A. Quetelet*, 2 vol. 8°, Paris, 1829-1833; vol. II, p. 569) un photomètre, basé sur la loi d'après laquelle un faisceau de lumière polarisée se partage, entre l'image ordinaire et l'image extraordinaire, quand ce faisceau traverse un cristal doué de la double réfraction. La description complète et le dessin de ce photomètre n'ont été publiés qu'après la mort de l'auteur :

1722*. Arago, F. Deuxième mémoire sur la photométrie. Arago, ŒA, X, 1858, 184.

Steinheil affaiblit l'image à volonté, en écartant l'oculaire du point de vision nette, et produisant ainsi la dissipation :

1723. Steinheil, C. A. von. Elemente der Helligkeits-Messungen am Sternenhimmel. München, Abh, II, 1836, 1.

Le photomètre, appelé objectif, de *Schwerd* (Sitzungsberichte des Naturhistorischen Vereins der Preussischen Rheinlande und Westphalens, annexés aux Verhandlungen de la même Société; 8°, Bonn, XVI, 1859, 64), se compose de deux lunettes, dont les ouvertures objectives peuvent être resserrées à volonté par des diaphragmes, et dont les faisceaux sont renvoyés au moyen de prismes à travers un même oculaire.

Le photomètre de *Zöllner* recourt, comme celui d'*Arago*, aux rayons polarisés par leur passage à travers des prismes de Nicol, et se trouve muni d'une flamme de comparaison; voir à la p. 13 ses Grundzüge, cités ci-dessous.

Il faut, en effet, consulter les deux ouvrages importants de cet auteur :

1724. Zöllner, J. C. F. Grundzüge einer allgemeinen Photometrie des Himmels; 4°, Berlin, 1861.

L'auteur y donne la description de son astro-photomètre et de son colorimètre. Il y joint les observations photométriques et colorimétriques d'un certain nombre d'étoiles.

1725. Zöllner, J. C. F. Photometrische Untersuchungen mit besonderer Rücksicht auf die physische Beschaffenheit der Himmelskörper; 8°, Leipzig, 1865.

Cet ouvrage important reprend les principes de cette branche de la science. Il commence par un examen critique des travaux de *Bouguer* et de *Lambert*. Il traite ensuite en détail (p. 33) des intensités lumineuses relatives des diverses phases de la Lune. Il

aborde (p. 78) l'examen des différentes méthodes de comparaison photométrique, et s'occupe en dernier lieu (p. 208) des indices que la photométrie fournit sur la constitution physique de la surface des corps célestes.

Mentionnons aussi :

1726. Rheinauer, J. Grundzüge der Photometrie; 8°, Halle, 1863.

Ce livre traite en détail des lois mathématiques de l'éclairement (Abschn. III et IV), de l'éclat de la Lune et de sa lumière cendrée (Abschn. V), des rapports d'éclat des planètes (Abschn. VI), de la grandeur des petites planètes (Abschn. VII), de l'illumination de Vénus (Abschn. IX); enfin l'auteur y reprend une étude qu'il avait publiée en 1869 sur l'éclairement de Vénus par la Terre.

Voyez encore :

1727. Knobel, E. B. On a new astrometer. London, MNt, XXXV, 1875, 100.

1728. Zenger, K. W. A new astrophotometrical method. London, MNt, XXXVIII, 1878, 65.

1729. Vogel, H. C. Photometrische Untersuchungen der Farbe in den Spectren der Himmelskörper. Berlin, Mbr, 1880, 801.

1730. Janssen, J. Sur la photométrie photographique et son application à l'étude des pouvoirs rayonnants et comparés du Soleil et des étoiles. Spett. ital., Mem, X, 1881, 101.

Pritchard a fait usage, dans les derniers temps, de deux prismes superposés, dont l'un, imparfaitement diaphane, glisse sur l'autre de manière à présenter au rayon de lumière des épaisseurs croissantes :

1731. Pritchard, C. On a simple and practicable method of measuring the relative apparent brightnesses or magnitudes of the stars with considerable accuracy. London, MNt, XLII, 1882, 1.

Les résultats particuliers des comparaisons photométriques seront indiqués aux différentes monographies des astres de notre système, et pour les étoiles au chapitre XXV.

Si une planète que nous voyons sous le demi-diamètre D, réfléchissait toute la lumière qu'elle reçoit du Soleil, ou en d'autres termes si son albedo était 1, son éclat e serait, en prenant celui du Soleil pour unité :

$$e = \frac{1}{3}(1 + 2\sin^3 D - \cos^3 D).$$

Cette formule est établie par *W. H. Wollaston* (London, PTr, 1829, 28).

§ 138. SPECTROSCOPIE ASTRONOMIQUE EN GÉNÉRAL.

Newton avait produit et observé pour la première fois un spectre solaire, en 1666 (London, PTr, 1671, 3075. — Aussi : *Newton*, Optics, 4°, Londini, 1704; book I, part I, prop. 2; reproduit dans ses Opera, éd. *Horsley*, vol. IV, 1782, p. 21, et en ce qui concerne la date de 1666, p. 295). Toutefois il s'écoula un siècle et demi avant que l'on songeât à examiner les spectres des autres astres.

Ce fut *Fraunhofer* qui annonça que chaque étoile a un spectre particulier :

1732. Fraunhofer, J. Nouvelles découvertes sur la nature particulière et différente de la lumière terrestre, de la lumière électrique, de celle du Soleil et de celle des étoiles. Bun_1, VI, 1817, 21.

Il ne mentionne point que ces différences fussent en rapport avec les couleurs des étoiles (*Schumacher*, Astronomische Abhandlungen, 3 Hft. 4°, Altona; Hft. II, 1823, p. 43).

Amici observa, vers la même époque, que les raies du spectre diffèrent, même chez les étoiles incontestablement blanches. Je n'ai pas trouvé le passage où ce physicien a dû avancer ce fait d'observation; j'emprunte cette indication à A. von Humboldt, Kos, III, 1851, 63 (Cos, III, 1851, 53).

Malgré ces travaux intéressants, la spectroscopie resta dans l'enfance jusqu'à l'époque où *Bunsen* et *Kirchhoff* rattachèrent la présence des raies à la composition chimique du corps lumineux (APC_1, CX, 1860, 160; CXIII, 1861, 337). Bientôt *Kirchhoff* publia la première analyse spectrale du Soleil, qui servit de point de départ aux nombreux travaux de spectroscopie astronomique, dont la science s'est enrichie depuis vingt années :

1733. Kirchhoff, G. R. Untersuchungen über das Sonnenspectrum und die Spectren der chemischen Elemente. Berlin, Abh, 1861, Phys, 63; 1862, Phys, 227. — Reproduit dans ses Gesammelte Abhandlungen, 2 Abth. 8°, Leipzig, 1882.

Nous renverrons aux monographies des divers astres l'étude spectroscopique particulière de chacun d'eux. Ainsi les spectres des comètes, des météorites et des étoiles seront considérés respectivement aux chapitres XXII, XXIII et XXV; ceux du Soleil et des différentes planètes, aux descriptions spéciales de ces corps célestes. Nous allons nous borner ici à indiquer les ouvrages les plus importants ou les plus utiles, qui traitent, d'une manière générale, de la spectroscopie astronomique.

1734. Huggins, W. Spectral analysis of the heavenly bodies; 8°, London, 1866.

Traductions.

Analyse spectrale des corps célestes (par *F. Moigno*); 12°, Paris, 1866.

Ergebnisse der Spectralanalyse in Anwendung auf die Himmelskörper (par *E. F. W. Klinkerfues*); 8°, Leipzig, 1868.

1735. Roscoe, H. E. Spectrum analysis, six lectures delivered in 1868 before the Society of apothecaries of London; 8°, London, 1868. — 2° édit., 1870; 3° édit., 1873.

Traduction.

Die Spectralanalyse (par von *Schorlemmer*); 8°, Braunschweig, 1870.

1736. Schellen, H. Die Spectralanalyse in ihrer Anwendung auf die Stoffe der Erde und die Natur der Himmelskörper; 8°, Braunschweig, 1870. — 2° édit., 8°, Braunschweig, 1871.

Traduction.

Spectrum analysis in its application to terrestrial substances, and the physical constitution of the heavenly bodies (par *J. Lassell* & *C. Lassell*); 8°, London, 1872.

1737. Respighi, L. L'analisi spettrale nelle sue attinenze ed applicazioni all' Astronomia; 8°, Roma, 1877.

1738. Proctor, R. A. The spectroscope and its work; 16°, London, 1877.

1739. Lockyer, J. N. Studies in spectrum analysis; 8°, London, 1878.

1740. Browning, J. How to work with the spectroscope, a manual of practical manipulation with spectroscopes of all kinds; 8°, London, 1878.

1741. Cazin, A. La spectroscopie; 18°, Paris, 1878.

Nous parlerons ici d'une apparence inhérente aux expériences elles-mêmes, celle des raies longitudinales du spectre.

On trouve déjà, à ce sujet, une note de

1742. Ragona, D. Sulle righe transversali e longitudinali dello spettro luminoso, e su taluni fenomeni affini. Raccolta fisico-chimica italiana pubblicata da *F. Zantedeschi*, 8°, Venezia; vol. II, 1847, p. 485

On verra d'autres observations dans :

1743. Wartmann, E. Sur les lignes longitudinales du spectre. Arc., X, 1848, 302.

1744. Zantedeschi, F. Delle cause e dei caratteri delle linee longitudinali dello spettro solare, corrispondenti a quelle linee trasversali di Fraunhofer. Annali di fisica di *Zantedeschi*, 8°, Padova, vol. 1, 1850, p. 153.

Cette revue, dont il n'a paru qu'un volume, étant peu répandue, nous croyons devoir indiquer qu'il existe une analyse de ce travail dans Arc., XII, 1849, 45.

Voyez encore :

1745. Cavalieri, G. M. Indagini sulla causa delle linee longitudinali dello spettro solare perpendicolari a quelle di Fraunhofer. Corrispondenza scientifica di Roma da *E. Fabri-Scarpellini*, 4°, Roma; vol. II, 1853, p. 37.

§ 139. RAIES ATMOSPHÉRIQUES.

L'élimination des effets qui, dans les spectres des corps célestes, sont dus à l'interposition de notre atmosphère, constitue aujourd'hui un point important des études spectroscopiques. Ces effets ne laissent pas d'être considérables. *Hassenfratz* est le premier qui ait observé la disparition d'une partie du spectre solaire, notamment de l'extrémité violette, à mesure que le Soleil s'abaisse vers l'horizon. Son travail a pour titre :

1746. Hassenfratz, J. H. Sur les altérations que la lumière du Soleil éprouve en traversant l'atmosphère. Annales de Chimie par *G. de Morveau*, 8°, Paris; tom. LXVI, 1808, p. 54.

Voyez notamment p. 60.

Cette disparition partielle du spectre du Soleil a fait l'objet d'un travail récent :

1747. Cornu, A. Observation de la limite ultra-violette du spectre solaire à diverses altitudes. Paris, Crh, LXXXIX, 1879, 808.

Une autre modification est celle qui résulte de l'addition de raies provenant de la présence de notre atmosphère. L'attention a été appelée pour la première fois sur ces raies par

1748. Brewster, D. Observations on the lines of the solar spectrum, and on those produced by the Earth's atmosphere... Edinburgh, Trs, XII, 1834, 519.

Pour l'astronome, les recherches les plus intéressantes sur ce sujet sont contenues dans les notices suivantes :

1749. Janssen, J. Mémoire sur les raies telluriques du spectre solaire. Paris, Crh, LX, 1865, 213. — Reproduit : Arc_2, XXII, 1865, 69.

1750. Secchi, A. Sur l'influence de l'atmosphère sur les raies du spectre et sur la constitution du Soleil. Paris, Crh, LX, 1865, 379.

1751. Janssen, J. Sur le spectre de la vapeur d'eau. British Assoc, Rep, 1869, II, 67.

1752. Lockyer, J. N. ... On a new class of absorption phenomena, and researches in spectrumanalysis in connexion with the spectrum of the Sun. PMg_4, XLIX, 1875, 320.

1753. Vogel, H. W. Untersuchungen über Absorptionspectra. Berlin, Mbr, 1878, 409.

1754. Thollon, L. Études sur les raies telluriques du spectre solaire. Paris, Crh, XCI, 1880, 520.

1755. Egoroff, N. Recherches sur le spectre d'absorption de l'atmosphère terrestre, à l'Observatoire de Paris. Paris, Crh, XCIII, 1881, 788.

Les raies telluriques ont été représentées dans une carte par

1756. Hennessey, J. B. N. On the atmospheric lines of the solar spectrum, illustrated by a map drawn on the same scale as that adopted by Kirchhoff. London, PTr, 1875, 157.

§ 140. DÉPLACEMENT DES RAIES.

Nous avons parlé plus haut, au § 127, des effets généraux du déplacement relatif qui s'opère entre la source de lumière et l'observateur. Il nous reste, ainsi que nous l'avons alors annoncé, à indiquer les principaux travaux qui concernent, en particulier, le déplacement des raies du spectre. Voici l'énumération des plus importants.

1757. Huggins, W. Further observations of the spectra of some of the stars and nebulae, with an attempt to determine therefrom whether these bodies are moving towards or from the Earth. London, PTr, 1868, 529.

1758. Fizeau, H. L. Déplacement des raies spectrales par le mouvement du corps lumineux ou de l'observateur. Paris, Crh, LXX, 1870, 1062.

1759. Huggins, W. On the spectrum of the great nebula in Orion, and on the motion of some stars towards or from the Earth. London, Prc, XX, 1872, 379.

1760. Vogel, H. C. Versuche die Bewegung der Sterne im Weltraume mit Hülfe des Spectroscops zu ermitteln. Bothkamp, Beo, I, 1872, 55. — Comparez : ANn, LXXVIII, 1872, 251 ; LXXXII, 1873, 291.

1761. Secchi, A. Sullo spostamento delle righe negli spettri delle stelle prodotto dal loro movimento nello spazio. Spettr. ital., Mem, V, 1876, 35, 39.

1762. Vogel, H. C. Ueber den Einfluss der Rotation eines Sterns auf sein Spectrum. ANn, XC, 1877, 71.

Les observations les plus suivies, à ce sujet, sont exposées dans :

1763. Airy, G. B. Spectroscopic results of the motions of stars in the line of sight, obtained at the Royal Observatory, Greenwich ; nos 1-4. London, MNt, XXXVI, 1876, 318 ; XXXVII, 1877, 22 ; XXXVIII, 1878, 495 ; XLI, 1881, 100.

Depuis l'année 1875, il y a, dans les volumes d'observations de Greenwich, une section intitulée : « Spectroscopic observations made at the Royal Observatory, Greenwich. » On y trouve, en particulier, les observations sur le déplacement des raies dans les spectres de certaines étoiles, ainsi que celles des spectres des taches, des protubérances et de la chromosphère du Soleil.

Des essais de mettre en évidence la rotation, soit du Soleil, soit d'autres corps célestes, à l'aide du déplacement des raies spectrales, sont décrits dans les notices suivantes :

1764. Zöllner, F. Ueber die Spectroscopische Beobachtung der Rotation der Sonne ... Leipzig, Ber, XXIII, 1871, 300.

1765. Young, C. A. Observations on the displacement of lines in the solar spectrum caused by the Sun's rotation. AJS_3, XII, 1876, 321. — Reproduit : Spettr. Ital., Mem, V, 1876, 143.

1766. [Christie, W. H. M.] Spectroscopic results for the rotation of Jupiter and of the Sun, obtained at the Royal Observatory, Greenwich. London, MNt, XXXVII, 1877, 43.

1767. Thollon, L. Déplacement de raies spectrales dû au mouvement de rotation du soleil. Paris, Crh, LXXXVIII, 1879, 169.

Nous pouvons encore rattacher à ce qui précède l'étude suivante :

1768. Meiss. Bewegungen des Aethers im freien Raume, welche ein continuirliches Farbenspectrum verursachen. AdM, LXVI, 1881, Hft, IV.

§ 141. PHOTOGRAPHIE DES SPECTRES.

Les premiers essais de photographier le spectre solaire ont suivi de près l'invention du daguerréotype. *J. W. Draper* fut le premier à entrer dans cette voie; il fit voir sur les plaques des raies que l'on ne parvenait pas à distinguer par la vision directe:

1769. Draper, J. W. On a new system of inactive tithonographic spaces in the solar spectrum analogous to the fixed lines of Fraunhofer. PMg_3, XXII, 1843, 360. — Reproduit dans ses Scientific memoirs, 8°, London, 1878; p. 74.

Ce travail fut suivi de près par celui de

1770. Karsten, G. Spectrum mit Frauenhoferschen Linien auf Daguerreschen Platten und lichtempfindlichen Papier. Berlin, Ber, 1843, 387.

Nous indiquerons sommairement divers travaux récents, exécutés dans cette direction, qui ont un intérêt direct pour l'astronome.

1771. Huggins, W. On the photographic spectra of stars. London, Prc, XXV, 1877, 445; XXX, 1880, 20; Proceedings of the Royal institution of Great Britain, 8°, London; vol. IX, 1881, part. III.

Trois articles qui se font suite.

1772. Draper, H. On photographing the spectra of the stars and planets. AJS_3, XVIII, 1879, 419. — Reproduit : Spettr. Ital., Mem, VIII, 1879, 81.

1773. Vogel, H. W. Die Photographie der Wasserstoffspectrums und der Sternspectra. Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie, 8°, Bonn; année 1880, p. 276.

1774. Draper, J. W. Photograph of a solar spectrum. AJS_3, XXI, 1881, 171.

§ 142. PHOTOGRAPHIE ASTRONOMIQUE.

Nous ne traitons ici que de l'application générale de la photographie à l'Astronomie. C'est aux monographies des différents astres que nous parlerons des représentations photographiques particulières.

L'historique des premiers travaux de photographie astronomique peut être suivi à l'aide des articles ci-dessous :

1775. Lichtenberger, C. Photographie auf den Mond angewandt. Unt, IV, 1850, 253.

1776. De la Rue, W. Report on the present state of celestial photography in England. British Assoc, Rep, 1859, 130.

1777. De la Rue, W. Report on the progress of celestial photography since the Aberdeen meeting. British Assoc, Rep, 1861, 94.

1778. De la Rue, W. Astronomical photography. British assoc, Rep, 1872, II, 1.

1779. Liais, E. Historique des applications de la photographie à l'astronomie de précision et à l'astronomie physique; discussion des avantages et inconvénients que présentent ces deux applications. Annales de l'Observatoire de Rio de Janeiro, 4°, Rio de Janeiro; vol. I, 1881, p. 29.

Sur le fond même des travaux en photographie astronomique, on consultera les mémoires suivants :

1780. De la Rue, W. Notice of experiments in celestial photography. London, MNt, XIV, 1854, 154.

1781. Herschel, J. F. W. On the application of photography to astronomical observations. London, MNt, XV, 1855, 158.

1782. Bond, G. P. Stellar-photography. ANa, XLVII, 1858, 1; XLVIII, 1858, 1; XLIX, 1859, 81.

1783. De la Rue, W. On heliophotography. London, MNt, 1862, 278.

1784. Draper, H. On the construction of a silvered telescope, fifteen and a half inches in aperture, and its use in celestial photography. Smithsonian contributions to knowledge, 4°, Washington; vol. XIV, 1865, p. 13a.

1785. Rutherfurd, L. M. Astronomical photography. AJS_2, XXXIX, 1865, 304.

1786. De la Rue, W. On the observations of the transits of Venus by means of photography. London, MNt, XXIX, 1869, 48.

1787. Proctor, R. A. On the application of photography as a means of determining the solar parallax from the transit of Venus in 1874. London, MNt, XXX, 1870, 62.

1788. Young, C. A. Spectroscopic and photographic observations of solar phenomena. Journal of the Franklin Institute of the State of Pennsylvania, 3rd series, 8°, Philadelphia; vol. LX, 1870, p. 232.

1789. Hall, A. On the application of photography to the determination of astronomical data. JAS_3, II, 1871, 25, 154.

1790. Janssen, J. Présentation d'un specimen de photographies d'un passage artificiel de Vénus, obtenu avec le révolver photographique. Paris, Crh, LXXIX, 1874, 6.

1791. Vogel, H. W. Ueber die Anwendung der Photographie zur Beobachtung des Venusdurchgangs. ANa, LXXXIV, 1874, 81.

1792. Zenger, C. W. Ueber Heliophotographie und einer heliophotographischen Apparat. Sitzungsberichte der Böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften in Prag, 8°, Prag; année 1875, p. 160.

1793. Janssen, J. Application de la photographie à l'astronomie. Paris, Crh, LXXXII, 1876, 1585.

1794. Cornu, A. Études de photographie astronomique. Paris, Crh, LXXXIII, 1876, 43.

1795. Angot, A. Étude sur les images photographiques obtenues au foyer des lunettes astronomiques. London, MNt, XXXVII, 1877, 337.

1796. Vogel, H. C. La photographie astronomique.

Dans son ouvrage : La photographie et la chimie de la lumière, 8°, Paris, 1876; p. 128.

1797. Stein, S. T. Astronomische Photographie.

Dans son ouvrage : Das Licht im Dienste wissenschaftlicher Forschung, 8°, Leipzig, 1877; p. 153.

1798. Abney, W. de W. Celestial photography.

Dans son ouvrage : A treatise on photography, 16°, London, 1878; p. 288.

Nous croyons, de plus, être utile à nos lecteurs, en donnant ici les titres des principales revues de photographie, qui s'occupent incidemment des applications astronomiques de cet art :

La Lumière; 16 vol. 4°, Paris, 1851-1866.

The British journal of photography, published weekly; 28 vol. 4°, London, 1854-1881.

Bulletin de la Société française de photographie; 27 vol. 8°, Paris, 1855-1881.

The photographic News, a weekly record of the progress of photography, by *G. W. Simpson*; 25 vol. 4°, London, 1857-1881.

Le Moniteur de la photographie, revue internationale et universelle des progrès de la photographie; 20 vol. 4°, Paris, 1861-1881.

Les vol. I-VIII sont par *E. Lacan* et *P. Liesegang*, les vol. IX à XVII par *E. Lacan* seul, les vol. suivants par *L. Vidal*.

Photographische Mittheilungen, herausgegeben von *H. W. Vogel*; 17 vol. 4° puis 8°, Berlin, 1864-1881.

Photographische Correspondenz; 18 vol. 8°, Wien, 1863-1881.

Dirigé d'abord par *L. Schrank*, puis à partir du vol. XI, 1874, par *E. Hornig*.

Photographische Notizen, Berichte über die neusten Erfahrungen und Fortschritte im Gebiete der Photographie; 17 vol. 8°, Wien, 1865-1881.

Les deux premiers volumes par *A. Moll* & *V. Modl*, les suivants par *A. Moll* & *C. Schiérer*.

Anthony's Photographic Bulletin; 12 vol. 8°, New-York, 1870-1881.

CHAPITRE VII.

SYSTÈME SOLAIRE EN GÉNÉRAL.

---

§ 145. NOMBRE, DÉNOMINATIONS ET SIGNES DES PLANÈTES.

Il semble que les planètes aient dû, de bonne heure, être distinguées des étoiles fixes. Il en fut probablement ainsi chez les premiers peuples observateurs, notamment en Chine, en Chaldée et en Égypte. Mais en Grèce le système planétaire ne fut d'abord connu que fort imparfaitement. Au temps de la guerre du Péloponèse [— V° siècle], *Démocrite*, par exemple, n'était pas encore sûr des révolutions des planètes, ni même de leur nombre (*Seneca*, Naturales quaestiones [L], lib. VII, cap. 3).

Toute l'astronomie classique s'est bornée à la connaissance de deux planètes inférieures, Mercure et Vénus, et de trois planètes supérieures, Mars, Jupiter et Saturne. En y ajoutant le Soleil et la Lune, on avait sept astres mobiles, qui composaient, au dedans de la sphère des fixes, tout le système cosmologique des anciens. C'est à ce système que vont s'appliquer, à peu près exclusivement, les considérations renfermées dans le présent chapitre.

Nous ne donnerons pas ici la synonymie des planètes, dans les langues classiques : ce détail seul prendrait un espace considérable. Mais nous indiquerons les sources où l'on trouvera réunie cette synonymie.

Le premier auteur qui s'en soit occupé n'avait fait qu'un travail sommaire. Ceux qui l'ont suivi sont entrés à cet égard dans de plus grands détails. On trouvera les renseignements dans :

1799. *Costard*, The history of Astronomy; 4°, London, 1767; p. 192.

1800. Panckoucke, BSL; Pline, t. II, 1829, p. 268-285.

Le traducteur, Ajasson *de Grandsagne*, a réuni ici, dans une note, les noms des planètes ainsi que les épithètes principales qui leur étaient affectées, en hébreu, en phénicien, en copte, en grec et en ancien romain. Il indique assez complétement les autorités sur lesquelles il s'appuie.

A. de Humboldt a fait un travail analogue, qui comprend le copte, le chaldéen, le sanscrit et le grec :

1801. Humboldt, Kos, III, 1851, 467 (Cos, III, 1851, 680).

Nous avons parlé plus haut (Chap. II, § 60, p. 107) de l'origine des signes symboliques des planètes. Les sources à consulter, sur les formes diverses par lesquelles ont passé ces signes, sont, en se bornant aux principales :

1802. *Salmasius* [*Saumaise*], Plinianae exercitationes in C. Julii Solini polyhistora; 2 vol. fol., Parisiis, 1629; réimpr. 2 vol. fol., Trajecti ad Rhenum, 1689; tom. II, p. 1235-1237.

1803. *Du Fresne du Cange*, Glossarium ad scriptores mediae et infimae graecitatis, 2 vol. fol., Lugduni, 1688; tom. II, apud finem.

Aux signes symboliques des planètes se rattachent les analogies, qu'on avait établies entre ces astres et les métaux. Les listes de correspondance ne s'accordent que pour deux des corps du système : le Soleil dont le métal était l'or, et Mars auquel correspondait le fer. Les autres analogies varient un peu dans les diverses listes. On trouve des tableaux de correspondance entre les planètes et les métaux, dans :

Brahaeus, T., Epistolae astronomicae, 4°, Uraniburgi, 1596 (aussi titre de Francofurti, 1610); lettre à Rothmann[us], du 17 août 1588, insérée p. 108.

Baranzanus, R., Uranoscopia seu de coelo, 4°, Coloniae Allobrogum & Lugduni, 1617; part. II.

Kepler[us], Epi, part. II, 1620, 488. — Reproduit : Keplerus, Opa, VI, 1866, 351.

Dans la pensée des astronomes du XVIe siècle, les densités des planètes étaient liées à ces assimilations; c'est ce qu'on voit notamment à la suite du passage de *Képler* qui vient d'être indiqué.

§ 144. SYSTÈME DU MONDE.

C'est *Ptolémée* qui a exposé magistralement le système géocentrique, dans lequel toutes les planètes et le Soleil lui-même tournent autour de la Terre immobile (Ptolemaeus, MCo, lib. I, cap. 5 et 7). C'est son autorité qui a maintenu cette manière de voir, parmi les astronomes, pendant quatorze ou quinze siècles.

On ne doit mentionner, en effet, que pour mémoire l'hypothèse des sphères homocentriques de *Fracastor*, qui n'a jamais pu prendre pied dans la science d'une manière sérieuse. On en trouve l'exposition dans :

1804. Fracastorus [Fracastoro], G. Homocentricorum sive de stellis liber unus; 4°, Venetiis, 1535; sect. I et sect. III, cap. 25.

Malgré la faveur pour ainsi dire universelle, avec laquelle l'hypothèse géocentrique était accueillie, il y avait cependant, par intervalles, des penseurs hardis qui, s'affranchissant des entraves du préjugé, envisageaient d'un esprit ferme des hypothèses différentes.

L'idée de la rotation de la Terre s'était présentée de bonne heure, comme explication du mouvement diurne de la sphère. On cite parmi les rares philosophes qui ont exprimé cette opinion :

NICETAS ou HICETAS [— Ve siècle] (*Cicero*, De finibus bonorum et malorum [L], lib V; Tusculanae quaestiones [L], lib. I).

ECPHANTUS [— IVe ? siècle] (*Plutarchus*, De placitis philosophorum [G], lib. III, cap. 13).

HERACLIDES [2e moitié du — IVe siècle] (*Plutarchus*, De placitis philosophorum [G], lib. III, cap. 13; *Diogenes Laertius*, De vitis, dogmatibus et apophtegmatibus clarorum philosophorum [G], lib. V, cap. 86). — *Suidas* l'appelle Heracleidès; il est généralement désigné sous le nom d'Héraclide de Pont.

CUSA, N. DE [milieu du XVe siècle] (*Cusanus, N.*, De docta ignorantia, lib. II, cap. 11; imprimé dans ses Opera, fol., Basileae, 1565, p. 41).

CALCAGNINI, C. Quod coelum stet, Terra moveatur, vel de perenni motu Terrae. Dans ses Opera aliquot, fol., Basileae, 1544; p. 388-395.

L'auteur était mort en 1541; cet écrit doit être de la dernière partie de sa vie. On y trouve rassemblées pour la première fois en corps d'arguments, les raisons qui militent en faveur du mouvement diurne de la Terre.

Non-seulement le mouvement diurne, mais aussi le mouvement annuel de la Terre avait été conjecturé dès l'antiquité. Ici l'on cite :

PLATON [— IVe siècle] (*Plato*, Timaeus [G]. Comparez *Dutens*, Recherches sur l'origine des découvertes, 2e édit., 2 vol. 8°, Paris, 1776; tom. I, p. 206). — Toutefois *Platon* semble avoir abandonné cette idée, vers la fin de sa vie, pour faire tourner le Soleil autour de la Terre (*Plutarchus*, De vita Numae [G]).

ARISTARQUE DE SAMOS, mentionné dans les ouvrages classiques sous le nom d'Aristarchus Samius [— IIIe siècle] (*Archimedes*, De numero arenae [G], in initio; *Plutarchus*, De placitis philosophorum [G], lib. II, cap. 18).

SÉNÈQUE [+ Ier siècle] restait dans le doute entre les deux systèmes de la Terre mobile ou immobile (*Seneca*, Naturales quaestiones [L], lib. VII, cap. 2).



D'autres, au contraire, avaient montré plus de hardiesse, en combinant les deux mouvements de rotation et de révolution. Parmi ces précurseurs de *Copernic*, on connaît :

Philolaus [— Ve siècle] (*Plutarchus*, De placitis philosophorum [G], lib. II, cap. 25; lib. III, cap. 11 et 13. Comparez *Diogenes Laertius*, De vitis, dogmatibus et apophtegmatibus clarorum philosophorum [G], lib. VIII, cap. 85; et *Stobaeus*, Eclogae physicae et ethicae [G], lib. I).

Les Pythagoriciens d'Italie [— Ve et — IVe siècle] (*Aristoteles*, De coelo [G], lib. II, cap. 13).

Sur les précurseurs de *Copernic* aux différentes époques de l'histoire, on consultera :

1805. Schiaparelli, G. V. I precursori di Copernico nell' antichità. Milano, Pub, III; 1873, 1. — Aussi dans : Milano, Mem_3, III, 1873, 381.

Traduction.

Die Vorläufer des Copernicus im Alterthum (par *M. Curtze*); 8°, Leipzig, 1876. — Tiré à part de l'Altpreussische Monatschrift.

1806. Günther, S. Die Lehre von der Erdrundung und Erdbewegung im Mittelalter bei den Arabern und Hebräern.

Dans ses Studien zur Geschichte der mathematische und physische Geographie; 8°, Halle a/S, 1877; Hft. II.

Au nombre des principales autorités qui ont combattu, dans l'antiquité et dans le moyen âge, l'idée du mouvement de la Terre, il faut citer en première ligne *Aristote* (De coelo [G], lib. II, cap. 12). La plupart de ses commentateurs l'ont suivi sur ce point, sans ménager leur approbation; ce sont, entre autres, *Simplicius*, *Philalthaeus*, *Conimbricenses*, *Ruvius*.

Ptolémée, qui avait fondé son système sur la position centrale où il supposait la Terre, ne pouvait manquer de s'élever contre l'idée de la mobilité de notre globe (Ptolemaeus, MCo, lib. I, cap. 5 et 7). Il fut également suivi à cet égard par ses principaux commentateurs, entre autres par *Théon* d'Alexandrie (Commentarii in Ptolemaei magnam constructionem, lib. I; voir nos 452 et 478-480) et par *Regiomontanus* (Epytoma in Almagestum Ptolemaei, lib. I, concl. 5 et 3; voir notre n° 625, § 59).

Dans l'antiquité, on cite encore parmi les adversaires du mouvement de la Terre, *Cléomède* (Cyclica theoria meteoron [G], lib. I, cap. 9) et *Macrobe* (Expositio in somnium Scipionis [L], lib. I, cap. 22).

Cette question a été peu discutée parmi les Arabes. Cependant *Alfragan* a cru devoir en faire mention, pour s'opposer à la notion du mouvement de la Terre (*Alfraganus*, Elementa astronomica [A], diff. IV).

Au moyen âge, le plus célèbre des opposants fut le cardinal *d'Ailly* [fin du XIVe siècle], qui soutint énergiquement l'opinion de l'immobilité du globe (*Alliacus*, Sphaera mundi, fol., Parisiis, 1500, quaest. III; réimpr. fol., Parisiis, 1508).

Enfin le mouvement de la Terre fut encore combattu par un moderne, l'année même où *Copernic* publiait son immortel ouvrage. Nous parlons de *Maurolycus, F.*, Cosmographia in tres dialogos distincta, 4°, Venetiis, 1543; dial. I, p. 9. — Il y a des réimpressions : Parisiis, 1558; Venetiis, 1575. (Voir notre n° 637, § 59.)

En ce qui concernait les planètes inférieures, Mercure et Vénus, il n'était pas très-difficile de reconnaître qu'elles exécutent leur révolution autour du Soleil. Les *Égyptiens* étaient arrivés à cette conclusion (*Plato*, Timaeus [G]; *Macrobius*, Expositio in somnium Scipionis [L], lib. I, cap. 19), dans une antiquité probablement fort reculée. L'identité de l'étoile du soir et de l'étoile du matin, de Hesperos et de Eosphoros, était connue des philosophes grecs, notamment de *Pythagore* (*Plinius*, Historia naturalis [L], lib. II, cap. 8; *Diogenes Laertius*, De vitis, dogmatibus et apophtegmatibus clarorum philosophorum [G], lib. VIII, cap. 14; *Stobaeus*, Eclogae physicae et ethicae [G], lib. I) et de *Parmenides* (*Diogenes Laertius*, op. cit., lib. IX, cap. 23).

Cette notion ne manqua pas de se transmettre. *Cicéron* (Somnium Scipionis) dit que les orbites de Vénus et de Mercure accompagnent et suivent le Soleil : hunc ut comites sequuntur Veneris alter, alter Mercurii cursus.

On retrouve cette notion dans *Vitruve* au Ier siècle (*Vitruvius*, De architectura [L], lib. I, cap. 9; lib. IX, cap. 4), dans *Favorinus* (*Diogenes Laertius*, op. cit., lib. IX, cap. 23), et dans *Apulée* au IIe (*Apuleius*, De mundo [L]); dans *Macrobe* au IVe (*Macrobius*, Somnium Scipionis [L], lib. I, cap. 19), dans Martianus *Capella* au Ve (*M. Capella*, Satyricon, [L], lib. VIII; édit. *Grotius* de 1599, p. 336); dans *Bède* au VIIIe (*Beda*, De mundi coelestis terrestrisque constitutione [L], cap. de epicyclis et intersectis, dans ses Opera, édit. fol., tom. I, p. 363). Les Arabes n'y restèrent pas non plus étrangers, ainsi que l'attestent, au XIIe siècle, certains passages d'*Alpétrage* (Theorica physica planetarum [A], cap. 9) et de *Geber* fils d'Afla (De astronomia [A], lib. VII, cap. 1). On peut dire que cette notion servait comme d'introduction et de prélude aux systèmes de *Copernic* et de *Tycho Brahé*.

Les astronomes qui n'admettaient pas la circulation des planètes inférieures autour du Soleil, restaient assez naturellement incertains si ces planètes étaient en deçà ou au delà de cet astre. Elles étaient au delà, disait *Platon*, par la raison qu'on ne les avait jamais vu occulter le Soleil (*Plutarchus*, De placitis philosophorum [G], lib. I, cap. 15). Ainsi pensaient encore *Théon* d'Alexandrie (Commentarii in Almagestum [G], lib. IX, cap. 7) et l'Arabe *Geber* (De astronomia [A], lib. VII, cap. 1). Mais *Ptolémée* avait conclu dans le sens contraire, et préférait placer ces planètes entre le Soleil et nous (Ptolemaeus, MCo, lib. IX, cap. 1).

Au milieu de ces incertitudes, les opinions touchant le mouvement de la Terre n'avaient eu, jusqu'au XVIe siècle, qu'une portée indirecte sur la conception que l'on se formait du système du monde. Mais cette question prit tout à coup une importance majeure, le jour où *Copernic* la lia (Copernicus, Rev, 1543, lib. I, cap. 5-11; lib. III, cap. 5; lib. V, cap. 2 et 3), par les vues d'ensemble qu'il présenta dans son immortel ouvrage des Révolutions, à la disposition générale du système planétaire.

La théorie de *Copernic* se résume dans trois propositions fondamentales :

1). La Terre a un mouvement de rotation diurne.
2). La Terre a un mouvement de transport autour du Soleil.
3). Les planètes circulent comme la Terre autour du Soleil.

Avant lui on avait bien songé, par intervalles, soit à la rotation, soit à la révolution de la Terre, soit même à ces deux mouvements réunis; on avait parfois attribué aux planètes inférieures une circulation autour du Soleil. Mais il est le premier qui ait eu la hardiesse d'assimiler franchement la Terre aux autres planètes. C'est lui qui a constitué pour la science le système solaire.

Comme conséquence et comme preuve de son système *Copernic* annonçait (Copernicus, Rev, 1543, lib. II, cap. 10) qu'on découvrirait des phases à Mercure et à Vénus, si l'on parvenait à voir assez nettement les disques de ces planètes. Cette déduction était évidente; mais le rapprochement entre cette annonce et le fait observé plus tard, après la découverte du télescope, ne manque pas d'un certain intérêt.

Cette opinion de *Copernic* supposait les planètes opaques, et tirant leur lumière du Soleil. On avait à cet égard l'analogie de la Lune. Il n'en est pas moins intéressant de voir les esprits supérieurs du XVIe siècle s'arrêter à cette idée, notamment :

1807. Brunus [Bruno], J [G]. De infinito et innumerabilibus; 8°, Venetiis [Londini], 1524.

1808. Kepler[us], J. Dissertatio cum nuncio sydereo, 4°, Pragae, 1610; réimp. 8°, Francofurti, 1611. p. 15. — Reproduit : Keplerus, Opa, II, 1859, 453; aussi : Galilei, Ope, V, 1846, 405.

La système de Tycho *Brahé*, qui eut le tort de venir après *Copernic*, fut une concession aux anciennes idées; c'était manifestement un pas en arrière. Son auteur apercevait bien la simplicité qui résultait du choix du Soleil pour centre; mais il faisait circuler toutes les planètes, considérées comme satellites du Soleil, autour du petit globe de la Terre. Ce système est exposé dans :

1809. T. Brahaeus. De mundi aetherei recentioribus phaenomenis liber secundus, 4°, Pragae, 1603; cap. VIII.

Ce traité forme la seconde partie des Astronomiae instauratae progymnasmata, et se trouve réimprimé à ce titre dans l'édition intitulée « Tychonis Brahe opera omnia, » 4°, Francofurti, 1648.

Tycho *Brahé* avait cependant observé, en 1582, que la vitesse de rétrogradation de Mars, en opposition, était d'accord avec l'hypothèse de *Copernic*, mais non avec celle de *Ptolémée* (*Maestlin*, dans ses notes à la Narratio de Rheticus, p. 135, qui sera citée plus bas). Un autre fait s'était présenté à l'observation de Simon *Marius*, qui n'avait pu s'empêcher d'en faire mention (Mundus jovialis, 4°, Norimbergae, 1614); c'est que les révolutions synodiques des satellites de Jupiter sont uniformes, lorsqu'on prend le point de départ sur la ligne qui joint Jupiter au Soleil, tandis qu'elles ne le sont plus quand on part de la droite tirée de Jupiter à la Terre (cité : Keplerus, Epi, lib. IV, 1620, part. ij, p. 557; reproduit : Keplerus, Opa, VI, 1866, 553.

Plus tard, lorsque la théorie de *Copernic* fut à peu près généralement acceptée par les astronomes, la constitution du système planétaire et la nature des actions qui le régissent restèrent encore, pendant longtemps, sous une sorte de voile. C'est alors que parut l'hypothèse des tourbillons de *Descartes*, laquelle se trouve exposée dans la IIIe partie de

1810. Cartesius [Descartes], R. Principia philosophiae; 4°, Amstelodami; 1644. — Réimpr. 1663.

L'édition princeps est d'Elsevier.

Traduction.

Les principes de la philosophie (par [*Picot*]); 4°, Paris, 1647. — Réimpr., 1651, 1658, etc.

Cet ouvrage est inséré d'ailleurs dans toutes les éditions des œuvres de *Descartes*.

Une partie de la célébrité momentanée de cette hypothèse est due à l'ouvrage de

1811. Fontenelle, B. L. de. Théorie des tourbillons cartésiens; 12°, Paris, 1752.

Mais bientôt l'attraction newtonienne vint débarrasser le terrain de ces fausses idées. On a traité de la force d'attraction au § 111, chap. V, plus haut p. 249.

§ 145. LITTÉRATURE COPERNICIENNE.

La discussion soulevée par la théorie de *Copernic* a donné lieu à toute une littérature, qui peut se diviser en copernicienne et anti-copernicienne, suivant que les écrivains se prononçaient pour ou contre l'assimilation de la Terre aux planètes. Indépendamment des relations que l'on trouve dans les histoires générales de l'Astronomie, on consultera sur les développements de cette controverse célèbre :

1812. Beckmann, F. L. Zur Geschichte des Kopernikanischen Systems; 3 Thle, 8°, Braunsberg, 1861-1862.



1813. Morgan, A. de. The progress of the doctrine of the Earth's motion, between the times of Copernicus and Galileo, being notes on the antegalilean copernicians.

Dans le Companion to the Almanac or year-book of general information, collection de notices jointes annuellement au British Almanac of the Society for the diffusion of useful knowledge, 12°, London; année 1855, p. 5.

Le premier auteur qui prit parti pour la doctrine de *Copernic* fut *Joachim*, plus connu sous le nom de *Rheticus*. Ayant eu connaissance du livre du maître avant sa publication, il en exposa les idées sur le système du monde, dans une lettre à *Schoner*, imprimée à Dantzig en 1540 :

1814. Rheticus, G. J. De libris Revolutionum N. Copernici narratio prima; 4°, Gedani, 1540. — Réimpr., 8°, Basileae, 1541.

Ces deux éditions, la première surtout, sont excessivement rares. Heureusement cette lettre de *Rheticus* est réimprimée à la suite de l'ouvrage de *Copernic*, éditions de 1566, de 1854 et de 1873 (voir § 62, nos 654 et 652), et comme on le verra plus bas, dans la seconde édition de Mysterium cosmographicum de *Képler*.

On nous saura peut-être gré de donner ci-dessous la liste chronologique des adhésions au système de *Copernic*, qui sont les plus importantes par l'autorité des noms ou par la valeur de la discussion.

1815. Reinhold[us], E. Prutenicae tabulae coelestium motuum, 4°, Tubingae; 1551; n° xxxiv, p. 43.

Cet ouvrage a été réimprimé à Tubingen en 1571 et à Wittenberg, en 1585.

1816. Naiboda [Nabod], V. Institutiones astronomicae, 4°, Coloniae, 1580; lib. I, cap. 10 et 16.

1817. Rothmann[us], C. Epistola ad Tychonem Brahaeum, 18 Apr. 1590. Dans *T. Brahaeus*, Epistolae astronomicae, 4°, Uraniburgi, 1596 [et avec nouveau titre : Norimbergae, 1610]; p. 184.

1818. Brunus [Bruno], J [G]. De maximo et immenso, 8°, Francofurti, 1591 (réimpr., 1614); lib. III, cap. ult. — Publié à la suite de son De monade, numero et figura. — Reproduit dans la collection de ses écrits latins : Jordani *Bruni* Nolani Scripta quae latine redegit omnia; 8°, Parisiis, 1834.

1819. Kepler[us], J. Prodromus dissertationum cosmographicarum, continens mysterium cosmographicum, 4°, Tubingae, 1596; cap. 1, in notis. — Reproduit : Keplerus, Opa, I, 1858, 48.

1820. Maestlin[us], M. *G. J. Rhetici* narratio de libris Revolutionum Copernici; praef. et addit. Imprimé à la suite de l'ouvrage de Kepler[us]: Prodomus dissertationum cosmographicarum, sive mysterium cosmographicum; 4°, Tubingae, 1596. — Réimpr. fol., Francofurti, 1621.

1821. Gilbert[us], G. Tractatus de magnete, 4°, Londini, 1600; lib. VI. — Il y a une réimpression, 4°, Sedini, 1620.

L'auteur affirme le mouvement diurne de la Terre.

1822. Kepler[us], J. De stella nova in pede Serpentarii, 4°, Pragae, 1606; cap. 15 et 16. — Reproduit : Kepler, Opa, II, 1859, 668, 672.

1823. Kepler[us], J. Astronomia nova, fol., Pragae, 1609; introd. — Reproduit : Keplerus, Opa, III, 1860, 146.

1824. Galilei, G. Lettere e disquisizioni del finto Apelle; 4°, Roma, 1613.

Ces lettres sont jointes à l'Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari. Dans la dernière, datée du 1er décembre 1612, *Galilée* se prononce ouvertement pour le système de *Copernic*. C'est cette lettre qui a déterminé l'interdit du 20 février 1616, lancé par Rome contre ce système. Elle figure au tom. III de l'éd. 8° de Florence, des Opere de *Galilée*.

1825. [Galilei, G.] Lettera a Christina di Lorena sulla interpretazione delle Sacre Scritture in materie meramente naturali [1615]; 4°, Augustae Trebocorum, 1636.

Traduction.

Novantiqua sanctissimorum patrum et probatorum theologorum doctrina de Sacrae Scripturae testimoniis in conclusionibus mere naturalibus, ... temere non usurpandis; 4°, Augustae Trebocorum, 1636.

Cette traduction est ordinairement jointe au texte italien. On en rencontre cependant des exemplaires séparés avec la date de 1637.

Le texte italien est reproduit dans l'édition du Dialogo de Naples 1710, dans le tom. XIII de l'édition 8° de Milan des Opere de Galilée, dans la part. I des Memorie e Lettere di Galileo par *Venturi* 1818, dans le tom. XXI de la Biblioteca enciclopedica italiana 1832, et dans le tom. II des Opere de *Florence*, 8°.

1826. Foscarini, P. A. Lettera sopra l'opinione de' pittagorici e del Copernico della mobilità della Terra e stabilità del Sole; 4°, Napoli, 1615. — Réimpr. dans l'édition du Dialogo de *Galilée* de Naples 1710, dans le tome XIII de l'édit. des Opere di Galilei de Milan 1808, et dans le tome V des Opere 8° de Florence.

Traduction.

Epistola de opinione pythagoricorum et Copernici super mobilitate Terrae et stabilitate Solis (par *D. Lolaeus*); 4°, Neapoli, 1615. — Réimpr., 4°, Lugduni, 1641.

Cette lettre de *Foscarini* a été condamnée par le Saint-Office (Riccioius, Alm, 1651, II, 290; *Delambre*, Histoire de l'Astronomie moderne, 2 vol. 4°, Paris, t. I, 1821, p. 662).

1827. Baranzanus, R. Uranoscopia seu de cœlo, 4°, Coloniae Allobrogum à Lugduni, 1617; part. II, p. 42, 103, 115.

1828. Kep[p]ler[us], J. Epitome Astronomiae copernicanae; fasc. I, 8°, Lentiis ad Danubium, 1618, lib. I, part. V. p. 138; fasc. II, ibid., 1620, lib. IV. — Reproduit : Keplerus, Opp, VI, 1866, 168, 508.

1829. Campanella, T. Apologia pro Gallilaeo, ubi disquiritur, utrum ratio philosophandi, quam Gallilaeus celebrat, faveat Sacris Scripturis, an adverse tur; 4°, Francofurti, 1622.

Cet ouvrage est rare. *Weidler* (Historia astronomiae, 4°, Wittenbergae, 1741; p. 426) a cru à tort qu'il avait paru d'abord en 1616. Il est reproduit dans l'édition des Opere de *Galilée*, 8°, de Florence, t. V, 1846, p. 495. Suivant *Campanella*, la Bible, en parlant des phénomènes célestes, a voulu simplement employer le langage du vulgaire.

1830. Lansberg, P. Bedenckingen op den dagelijckschen en de jaerlijckschen loop van den Aerdt-kloot; 4°, Middelburg, 1629. — Réimpr., 1650 et 1666.

Traductions.

Commentationes in motum Terrae diurnum et annuum, et in verum aspectabilis cœli typum (par *M. Hortensius* [*Van den Hove*]); 4°, Middelburgi, 1630. — Reproduit dans ses Opera, 1651, sous le n° 6.

Dissertation sur le mouvement diurne et annuel de la Terre (par *D. Goubard*); fol., Middelbourg, 1635.

L'auteur défend vigoureusement le système de Copernic, qu'il expose avec clarté, et finit en réfutant l'hypothèse de Tycho Brahé.

1831. Lansberg[ius], P. Uranometriae libri tres, 4°, Middelburgi, 1631; lib. III. — Reproduit dans ses Opera, fol. Middelburgi, 1663; n° 5, p. 67.

1832. Galilei, G. Dialogo dove ne i congressi di quattro giornate si discorre sopra i due sistemi massimi del mondo, tolemaico e copernicano, proponendo in determinatamente le ragioni filosofiche e naturali tanto per l'una quanto per l'altra parte; 4°, Fiorenza, 1632. — Réimpr., 4°, [Napoli], 1710.

Traductions.

Systema cosmicum, in quo quatuor dialogi de duobus maximis mundi systematibus, ptolemaico et copernicano... disseritur (par *M. Bernegger*[*us*]); 4°, Augustae Trebocorum, 1635. — Réimpr., 4°, Lugduni, 1641; 8°, Londini, 1663; 4°, Lugduni-Batavorum, 1699.

The systeme of the world in four dialogues (par *T. Saulsbury*); fol., London, 1661.

Ce dialogue ne figure pas dans l'édition des Opere de *Galilée*, de Bologne 1655-56, ni dans celle de Florence 1718. Il forme le tome IV des Opere de Padoue 1744; il est revu et augmenté, dans cette édition, d'après l'exemplaire même de l'auteur. Il se trouve au tome XI de l'édition de Milan 1808-11, au tome XXI de la Biblioteca enciclopedica italiana, 8°, Milano, 1832, et au tome I de l'édition des Opere 8° de Florence, 1842-56.

C'est cet ouvrage qui valut à *Galilée* la condamnation du 22 juin 1633 (Riccioius, Alm, II, 1651, 497). On en trouve une analyse étendue, en italien, dans *Nelli, G. C. de*, Vita e commercio litterario di Galileo, 2 vol. 4°, Lausanne [Florence], 1793; t. II, p. 566-599; et en français dans *Delambre, J. B. J.*, Histoire de l'astronomie moderne, 2 vol. 4°, Paris; t. I, 1821, p. 643-662.

1833. Lansberg[ius], J. Apologia pro commentationibus Ph. Lansbergii in motum Terrae, diurnum et annuum, adversus Fromondum et Morinum; 4°, Middelburgi, 1633.

Réponse claire et serrée à l'Ant-Aristarchus de *Fromond* et à la Problematis solutio de *Morin*.

1834. Wilkins, J. Discovery of a new world, or a discourse tending to prove that it is probable there may be another habitable world in the Moon; 4°, London, 1638. — Réimpr., 12°, London, 1684.

Traduction.

Le monde dans la Lune (par *De la Montagne*); 8°, Rouen, 1655. — Réimpr., 8°, Paris, 1661.

Ouvrage de propagande copernicienne, qui a soulevé la question en Angleterre. On peut en rapprocher la publication anonyme attribuée au même auteur : Discourse concerning a new planet, tending to prove that 'tis probable our Earth is one of the planets; 8°, London, 1640.

1835. Bullialdus, I. Aristarchus redivivus; 4°, Amstelodami, 1638.

1836. Bullialdus, I. Philolaus, sive dissertatio de vero systemate mundi; 4°, Amstelodami, 1639.

Des exemplaires portent 1638. Ce livre, très-répandu en son temps, a exercé une très-grande influence, et soulevé de violentes colères.

1837. Cartesius [Descartes], R. Principia philosophiae, 4°, Amstelodami, 1644; part. III, nos 26-34.

1838. Herigonus, P. Cursus mathematicus, 6 vol. 8°, Pariis, 1644; tom. V, theoric., lib. II.

1839. Bullialdus, I. Astronomia philolaica, fol., Parisiis, 1645; lib. I.

L'auteur y résume magistralement les arguments qu'il a présentés dans ses publications précédentes.

1840. Gassendus [Gassendi], P. Institutio astronomica, 8°, Parisiis, 1647; lib. III. Voir pour les réimpressions notre § 63, nos 684 et 685. Se trouve aussi dans les deux éditions des Opera de *Gassendi*, au tom. IV.

1841. Hevel[ius], J. Selenographia sive Lunae descriptio, fol., Gedani, 1647; cap. V et VII.

1842. Lipstorp, D. Copernicus redivivus, seu de vero mundi systemate liber singularis; 4°, Lugduni Batavorum, 1653.

Impression d'Elsevier. Ce traité est souvent joint aux « Specimina philosophiae » du même auteur, imprimés à Leyde la même année. Cet ouvrage est un de ceux qui ont le plus contribué à répandre le système de Copernic en Allemagne.

1843. Wilkins, J. Copernicus defended, or demonstration that the Moon is a world and the Earth a planet; 2 vol. 4°, London, 1640.

Traduction.

Vertheidigter Copernicus, oder Beweiss, dass der Mond eine Welt, die Erde ein Planet seye; 4°, Leipzig, 1713.

C'est, en deux parties, une nouvelle édition de sa Discovery of a new world et du Discourse concerning a new planet. L'ouvrage est reproduit dans les Mathematical and philosophical works de *J. Wilkins*, dont il y a deux éditions, savoir : une en 3 vol. 8°, London, 1708, et une en 2 vol. 8°, London, 1802.

Le Copernicus de *Wilkins* fut l'un des livres qui, en Angleterre, exercèrent l'action la plus marquée pour faire admettre le mouvement de la Terre. Il n'y a, selon l'auteur, aucune raison tirée des paroles de la Bible, des principes de la nature ou des observations astronomiques, qui prouve l'impossibilité de ce mouvement.

1844. Borelli, G. A. Riflessioni sulla pretesa dimostrazione del P. G. B. Riccioli contro il sistema copernicano, [1670?]. Atti e memorie inedite dell' Accademia del Cimento, 4 vol. 4°, Firenze; vol. IV, 1780, p. 791.

1845. Zimmermann, J. J. Scriptura sacra copernizans, seu potius Astronomia copernico-scripturaria bipartita, oder Astronomische Beweisthum des copernicanischen Weltgebäudes aus den heiligen Schriften; 4°, Francofurti ad Moenum, 1690. — Réimpr., 8°, Hamburgi, 1704; 8°, Hamburgi, 1709.

Tentative de montrer que la Bible, loin d'être contraire au mouvement de la Terre, est favorable à ce mouvement.

1846. Horrebow, P. Copernicus triumphans, seu de parallaxi orbis annui; 8°, Hafniae, 1721.

Traduction.

De zegepralende Copernicus, of eene verhandelinge over het verschilzigt des jaarlijkschen loopkrings (par *J. Lulofs*); 8°, Zutphen, 1741.

1847. Melanderhjelm, D. An et quousque systema mundanum manum Dei emendatricem aliquando sit desideraturum; 4°, Upsaliae, 1772.

Cet ouvrage d'un astronome distingué n'est pas dans la Bibliographie de *Lalande*.

1848. Capaun-Karlowa, C. G. Die Erde steht nicht fest; 8°, Wesel, 1854.

Réponse à « Die Erde steht fest » de *Schöpffer*. Voyez Uni, VIII, 1854, 80.

1849. Scharff, ... Die Sonne im Mittelpunkte der Planetenbahnen, hervorgehend aus gegenseitiger Verbindung der Lehren von Kopernikus, Keppler und Newton, für Freunde der Wahrheit; 8°, Berlin, 1857.

§ 146. LITTÉRATURE ANTI-COPERNICIENNE.

Nous allons maintenant passer aux opposants de *Copernic*. Nous citerons d'une part les attaques que les hommes les plus considérables ont insérées dans leurs ouvrages, et d'autre part les livres les plus importants, ou les plus curieux, destinés spécialement à combattre les idées coperniciennes.

Nous suivons l'ordre chronologique.

1850. Clavius, C. Commentarius in sphaeram Joannis a Sacro-Bosco, 4°, Romae, 1578; souvent réimprimé, voir notre n° 658, § 62. Le passage relatif au système du monde est dans le lib. I.

1851. Brahaeus, T. Epistolae astronomicae, 4°, Uraniburgi, 1596, (nouveau titre, Norimbergae, 1610); p. 129, 147, 149, 157, 166, 185, 188.

Brahe, Opa, lib. I, 1602, cap. 7; lib. II, 1606, cap. 8.

1852. Lipsius, J. Physiologia stoicorum, 4°, Antuerpiae, 1604; lib. II, dissert. 19.

1853. Lagalla, J. C. De phaenomenis in orbe Lunae, 4°, Venetiis, 1612; cap. 7.

1854. Scheiner, C. Disquisitiones mathematicae de controversis et novitatibus astronomicis, 4°, Ingolstadii, 1614; n° 13.

1855. Longomontanus, C. S. Astronomia danica, fol., Amsterodami, 1622; theorica, lib. I. cap. 1.

1856. Mersennus, M. Quaestiones celeberrimae in Genesim, fol., Parisiis, 1623; cap. 1.

1857. Havemann, M. Astraea, in qua de hypothesibus astronomicis disseritur, coelestis globus probe explicatur, adparentiae coelestes jucunde demonstrantur; 8°, Rostochii, 1624. — Réimpr., 4°, Francofurti, 1650; 4°, Stadae, 1684.

Les deux dernières éditions ont pour titre: *Astraea, sive epitome sideralis scientiae, in qua etc.* Dans cet ouvrage, il ne s'agit encore que de discuter la question physique.

1858. Morin[us], J. B. Famosi et antiqui problematis de Telluris motu vel quiete hactenus optata solutio; 4°, Parisiis, 1631.

L'auteur combat le système de Copernic avec une assurance suprême. Il y a, à la Bibliothèque Nationale de Florence, un exemplaire de cet ouvrage qui porte des notes manuscrites attribuées à *Galilée* (BdB, VI, 1873, 47).

1859. Fromond[us], L. Ant-Aristarchus, sive orbis Terrae immobilis, liber quo decretum S. congregationis S. R. E. cardinalium 20 febr. 1616 adversus pythagorico-copernicanos editum, defenditur; 4°, Antuerpiae, 1631.

Imprimé par Plantin. C'est une des pièces importantes dans le débat entre l'Église romaine et les coperniciens. L'auteur y défend le décret de 1616 rendu par le Saint-Office contre le système de Copernic.

1860. Borrus [Borri], C. Collecta astronomica ex doctrina : de tribus coelis, aereo, sydereo, empyreo; 4°, Ulysipone, 1631.

C'est un des livres anti-coperniciens les plus curieux. L'auteur est le missionnaire qui a donné la première description de la Cochinchine.

1861. Claramontius [Chiaramonti], S. Difesa al suo Antitichone, e libro delle tre nuove stelle, d'alle opposizioni dell' autore de' due massimi systemi, tolemaico e copernicano; 4°, Firenze, 1633.

Traduction.

Defensio altera Anti-Tychonis italici; 4°, Venetiis, 1633.

L'auteur avait fait paraître, en 1621, un ouvrage intitulé « Antitycho, » suivi en 1626 d'une « Apologia pro Antitychone, » où il soutenait l'opinion que les comètes sont des météores. Dans cette nouvelle défense, qui forme un livre de 344 pages, il passe à l'examen du Dialogue de *Galilée*, qu'il combat par l'autorité d'*Aristote*.

1862. Rocco, A. Esercitazioni filosofiche, le quali versano in considerare le posizioni e obbiezioni, che si contengono nel Dialogo del Galileo contro la dottrina d'Aristotile; 4°, Venezia, 1633.

Il y a sur cette attaque des notes de *Galilée*, publiées pour la première fois dans le tom. III de l'édition 4° de Florence de ses Opere, et reproduites dans le tom. II de la dernière édition 8°. Les Esercitazioni dont se compose l'ouvrage sont au nombre de huit.

1863. Delle Colombe, L. Discorso contro il moto della Terra.

Imprimé dans les Opere de Galilée de Florence 8°, t. II, 1843, p. 337. Suivi de remarques jusque-là inédites de *Galilée* [date incertaine.]

1864. Fromond[us], L. Vesta, seu Ant-Aristarchi vindex, adversus Jac. Lansbergium; 4°, Antuerpiae, 1634.

Des presses de Plantin. *Lalande* (Bibliographie astronomique, 4°, Paris, 1803; p. 204) divise à tort ce titre pour en faire deux ouvrages.

1865. Morin[us], J. B. Responsio pro Telluris quiete ad J. Lansbergii Apologiam pro Telluris motu; 4°, Parisiis, 1634.

1866. [Morinus, J. B.]. J. B. Morinus ab I. Bullialdi convitiis iniquissimis juste vindicatus; 4°, Parisiis, [1639?].

La date n'est pas marquée. L'année 1639 est indiquée avec doute par *O. Struve* (Librorum in bibliotheca speculae pulcovensis contentorum catalogus systematicus, 8°, Petropoli, 1860; p. 324). C'est une réponse au Philolaus de *Boulliau*.

1867. Kircher[us], A. Magnes sive de arte magnetica; 4°, Romae, 1640. — Réimpr., 4°, Coloniae Agrippinae, 1644; fol., Romae, 1654. — Voir lib. III, part. j, cap. 1.

1868. Morin[us], J. B. Tycho Brahaeus in Philolaum pro Telluris quiete, ubi tum de corporum gravium descensu, tum de motu naturali et violento, nova traduntur; 8°, Parisiis, 1642.

Réponse plus complète à Boulliau. *Albèri*, dans son édition des Opere de Galilée, tom. II, p. XIX, attribue à tort à cette publication le format 4°.

1869. Morin[us], J. B. Alae Telluris fractae, cum physica demonstratione, quod opinio copernicana de Telluris motu sit falsa; 4°, Parisiis, 1643.

Livre célèbre, qui a eu un certain éclat à l'époque de son apparition. L'auteur y combat surtout Gassendi et les raisons tirées des lois du mouvement.

1870. Claramontius [Chiaramonti], S. Antiphilolaus, in quo Philolao redivivo de motu Terrae et Solis ac fixarum quiete repugnatur; 4°, Caesenae, 1643.

Cet auteur s'attaque surtout à *Galilée* et à *Boulliau*.

1871. Deusing[ius], A. Dissertatio mathematica de vero systemate mundi, quo Copernici systema reformatur, sublatis interim infinitis pene orbibus, quibus in systemate ptolemaico humana mens distrahitur; 4°, Amstelodami, 1643.

Il admet la rotation diurne de la Terre, mais pour le reste il adopte le système de Tycho Brahé. Cet ouvrage est analysé par *Delambre*, Histoire de l'Astronomie moderne, 2 vol. 4°, Paris; t. II, 1821, p. 144-146.

1872. Scheiner, C. Prodromus pro Sole mobili et Terra stabili contra Galilaeum de Galileis; fol., Pragae, 1651.

Ouvrage posthume de Scheiner.

1873. *** Argomento fisico-matematico del P. G.-B. Riccioli contro il moto diurno della Terra, confermato di nuovo; 4°, Bologna, 1668.

Écrit sous l'inspiration de Riccioli.

1874. *** Apologia R. P. J.-B. Riccioli pro argumento physico-mathematico contra systema copernicanum; 4°, Venetiis, 1669.

1875. Tacquet, A. Tractatus de hypothesi Terrae motae.

Ce traité forme le livre VIII de l'ouvrage de cet auteur, Astronomia methodo scientifica a fundamentis explicata ac demonstrata, inséré dans le tom. I de ses Opera mathematica, 2 tom. en 1 vol. fol., Antverpiae, 1669-1707. (Quelques exemplaires portent Lovanii, 1668.)

Tacquet fait voir que la plupart des objections de *Riccioli* contre le mouvement de la Terre ne sont que des paralogismes, et cependant il conclut à rejeter ce mouvement.

1876. Bianchini, F. & Rocca, I. Dialogo-fisico-astronomico contro il sistema copernicano; 4°, Bologna, 1680.

1877. De la Jonchère, E. Lécuyer. Démonstration de l'immobilité de la Terre; 8°, Paris, 1729.

Traduction.

Demonstration that the Earth does not move (per *Morgan*); 8°, London, 1729.

1878. Siegesbeck, J. G. De systemate copernicani ob vacillantia nimis fundamenta mox imminente ruina; 4°, Helmstadii, 1731.

Des exemplaires portent la date de 1732.

1879. Höller, N. De indubio Solis motu immotaque Telluris quiete; 2 part. 4°, Gryphiswaldiae, 1743.

1880. *** Jesuitarum patrum Sol stans et Sol retrogradus dissertationes; 2 cahiers 4°, Romae, 1754-1756.

1881. Bamfield, S. A. A new treatise of astronomy wherein reasons will be offered, to show that the present-received system cannot possibly be the true one; 4°, London, 1764.

1882. [Pino, D.] Esame del newtoniano sistema intorno al moto della Terra; 3 vol. 8°, Como, 1802.

Dans le tom. I, l'auteur combat l'attraction, qu'il espère voir bientôt passer de mode; dans le tom. II, il présente des raisons physiques contre le mouvement de la Terre; dans le tom. III, il apporte en confirmation des passages de la Bible et des Pères de l'Église romaine.

1883. Mercier, L. S. De l'impossibilité du système astronomique de Copernic et de Newton; 8°, Paris, 1806.

1884. Schöpffer, C. Die Erde steht fest; 8°, Berlin, 1853.

1885. Schöpffer, C. Die Bewegung der Himmelskörper, neue und unwiderlegliche Beweise dass unsere Erde im Mittelpunkte des Weltalls steht; 8°, Braunschweig, 1854.

Voyez sur ces deux ouvrages : Uni, VIII, 1856, 72.

1886. Cuyas, F. C. Unidad del universo; primer systema astronómico de la traslacion del Sol y de las estrellas, y ensayo fisiológico-moral de la regeneracion de la especie humana; 8°, Habaña, 1874.

1887. Meunier, H. Négation de la rotation de la Terre; 4°, Montereau, 1877.

1888. Eschner, A. Sta, Sol, ne moveare; 2 fasc. 8°, Leipzig, 1881-1882.

En allemand. Dernière production parue de ce genre de littérature.

A cette liste, déjà très-longue, on pourrait ajouter trois ou quatre fois autant d'ouvrages, moins importants ou moins connus, surtout si l'on y comprenait ceux qui traitent la question au point de vue exclusif ou à peu près exclusif de la théologie. On remarquera que plus de trois siècles d'examen, et plus de cent années d'une controverse très-active, n'ont pas suffi pour affaiblir l'ardeur des négateurs. On remarquera surtout l'assurance avec laquelle s'expriment les adversaires du mouvement de la Terre. Cette assurance se traduit jusque dans les titres de leurs ouvrages, qui annoncent pour la plupart, non pas la discussion, mais l'assertion de main haute. Ce langage contraste d'une manière curieuse avec l'allure calme et réfléchie des écrits, dans lesquels l'opinion contraire est défendue.

Il n'est peut-être pas absolument sans intérêt de mentionner brièvement les passages des livres hébreux qui ont été invoqués contre le mouvement de la Terre :

Josuah, x, 13; Psalmi, xcii, 1; civ, 5; Ecclesiasticus, i, 5; Isaias, xxxviii, 8; Judices, v, 20; Esdras, III, iv, 34.

Il existe un travail de *T. H. Martin* sur la littérature anti-copernicienne :

1889. Martin, T. H. Ouvrages publiés contre le système de Copernic depuis 1631 jusqu'à 1668.

Dans son Galilée, 8°, Paris, 1868; p. 386.

§ 147. MOUVEMENTS DES PLANÈTES.

La première conception, la plus simple de toutes, était de supposer les mouvements circulaires et uniformes. C'était celle d'où partaient les disciples de Pythagore (*Geminus*, Isagoge in phaenomena [G], p. 2), mais elle ne pouvait pas subsister longtemps, en présence des observations.

Pour expliquer les inégalités, on eut recours à deux hypothèses principales. La première était celle des excentriques, à laquelle les Pythagoriciens furent bientôt conduits, pour expliquer les phénomènes sans se départir de leur principe fondamental (*Simplicius*, Scholia in Aristotelis de coelo et mundo, lib. ii); le célèbre *Hipparque* l'avait adoptée (Ptolemaeus, MCo, lib. ii, cap. 2 et 4). La seconde était celle des épicycles, imaginée beaucoup plus tard par *Apollonius* de Perge (ibid, lib. xii, cap. 1). Pour les calculs dans les deux théories des épicycles et des excentriques, on peut voir les mémoires cités plus haut, § 53, sous les n° 381 et 382.

Nous avons rapporté au Chap. IV, § 91, p. 216, les progrès successifs, par lesquels on est arrivé à déterminer les lois du mouvement héliocentrique des planètes.

Après la découverte du véritable système du monde, on devait naturellement être frappé du fait que les révolutions de toutes les planètes s'accomplissent dans un seul et même sens. On ignorait alors que ces corps étaient également animés d'un mouvement de rotation. L'idée de ce mouvement devait cependant se présenter aux esprits inducteurs.

Ainsi *Képler*, en partant de conceptions systématiques, croyait que toutes les planètes tournent sur elles-mêmes; mais il se figurait que toutes ces rotations s'exécutent dans la même durée (Keplerus, Epi, fasc. II, 1620, p. 549. — Reproduit : Keplerus, Opa, VI, 1866, 346).

Au reste on avait commencé par supposer au Soleil une rotation. C'est ce qu'avaient fait Jordano *Bruno* (Del' infinito, universo e mondi, 8°, Venezia [London], 1584), puis, quelque temps après, *Képler* lui-même (*Keplerus, J.*, Astronomia nova, fol., Pragae, 1609; introd., p. 9. — Reproduit : Keplerus, Opa, III, 1860, 156).

On peut trouver entre les révolutions des différentes planètes diverses combinaisons, qui ramènent ces astres, dans certaines limites d'approximation, aux mêmes situations relatives. Toutefois, pour reproduire des conjonctions géocentriques, il faut en même temps que les périodes soient un multiple de l'année.

Dans ces conditions, on ne connait qu'une seule période de quelque simplicité, qui s'applique à plus de deux planètes. Mars, Jupiter et Saturne reviennent à peu près au même point du ciel, au bout de 150 ans, ainsi que l'a fait remarquer

1890. Cassini, J. De la conjonction de Mars avec Saturne et Jupiter. Paris, H et M, 1745, 318.

Histoire de l'Academie de Sciences, avec les Memoires etc.

Il y a entre les moyens mouvements des quatre planètes extérieures, qui sont les quatre planètes massives, une relation qui a été signalée par

Silliman's Journal

1891. Peirce, B. On the mean motion of the four outer planets. AJS_3, III, 1872, 67.

Cette relation est exprimée par l'équation suivante, dans laquelle le moyen mouvement de chaque planète est désigné par le signe même de cette planète :

$$2 ♃ + 17 ♅ + 6 ♆ = 12 ♄.$$

Voyez en outre :

Astr. Nachrichten

1892. Kirkwood, D. On some remarkable relations between the mean motions of the primary planets. ANa, LXXXVIII, 1876, 77.

§ 148. MILIEU RÉSISTANT.

Chéseaux exprima le premier l'idée que l'espace céleste n'est pas parfaitement transparent, mais que la lumière subit, au contraire, par l'effet des matières qu'elle traverse, une certaine extinction, dans le parcours des immenses trajets qu'elle y exécute (*Chéseaux, L. de*, Traité de la comète qui a paru en 1743 et 1744, 8°, Lausanne & Genève, 1744; p. 223).

Euler essaya d'apprécier les effets de la résistance du milieu sur la circulation des planètes :

1893. Euler, L. Part of a letter concerning the gradual approach of the Earth to the Sun. London, PTr, 1749, 203.

La question fut traitée, avec des détails intéressants, par

1894. Bossut, C. Sur les altérations que la résistance de l'éther peut produire dans les mouvements moyens des planètes [1762]. Paris, Rec, VIII, 1771, n° 7.

L'auteur montre, dans ce mémoire, que la résistance d'un milieu serait beaucoup plus sensible sur le moyen mouvement de la Lune que sur celui des planètes. Il se demande si tel n'est pas le motif de l'accélération séculaire de la Lune, dont la véritable cause était alors inconnue.

La question en demeura quelque temps à ce point. Mais à peine la périodicité de la comète découverte par *Pons* le 26 novembre 1818, venait-elle d'être établie, que *Encke* crut remarquer une diminution progressive de la période de cet astre, et il l'attribua à l'action d'un milieu résistant (BaJ, 1823, 200). Les retours suivants de cette comète à son périhélie le confirmèrent plus tard dans cette opinion (ANa, IX, 1831, 331).

La résistance du milieu a été exprimée dans différentes lois de densité par

1895. Plana, J. Intégration des formules propres à déterminer les équations séculaires des éléments des planètes et des comètes produites par la résistance d'un milieu très-rare. Cas, XIII, 1825, 341, 399.

Et par

1896. Mossotti, O. F. On the variation in the mean motion of the comet of Encke, produced by the resistance of an ether. London, MAS, II, 1826, 55.

Traduit du français sur le manuscrit.

Encke a exposé (ANa, IX, 1831, 333) les formules qu'il employait pour calculer la résistance opposée au mouvement de la comète qui porte son nom, par le milieu qu'il suppose répandu dans l'espace céleste.

Des formules destinées au même objet ont été données par

1897. Hansen, P. A. De perturbationibus quarum fluidum resistens causa est. ANa, XII, 1835, 321.

Jusqu'ici aucune autre comète périodique que celle de Encke n'a mis le même fait en évidence. *Möller* avait cru voir une accélération analogue dans la comète de Faye (ANa, LIV, 1861, 361), et *Encke* avait adopté cette opinion (BaJ, 1864, 406). Mais d'après les dernières recherches de *Möller*, les perturbations produites par Jupiter seraient suffisantes pour rendre compte des petites différences dans les temps périodiques (Leipzig, Vjh, VII, 1872, 94).

Sur la densité du milieu dans lequel se meuvent les corps du système solaire, on peut voir

1898. Harkness, W. On the density of the hypothetical resisting medium in space. Washington, Obs_2, 1870, append. II, 55.

Mais le travail le plus considérable et le plus concluant, qui ait été exécuté jusqu'ici sur les effets du milieu résistant, est celui de

1899. Asten, F. E. von. Untersuchungen über die Theorie des Encke'schen Cometen. Saint-Pétersbourg, Mem, XXVI, 1878, n° 2.

Voyez en outre, du même auteur :

1900. Asten, F. E. von. Ueber die Existenz eines widerstehenden Mittels im Weltraume. Saint-Pétersbourg, Bul_3, XX, 1875, 127, 360.



§ 149. TEMPÉRATURE DE L'ESPACE.

On est loin d'être fixé sur la température des espaces planétaires. Les évaluations les plus discordantes ont été présentées par des physiciens également autorisés. Nous allons nous contenter de renvoyer aux principaux travaux relatifs à cette question.

1901. Fourier, J. Remarques générales sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires. Paris, Mém$_2$, VII, 1827, 570.

1902. Svanberg, J. Recherches sur la température de l'espace planétaire. Dun$_1$, XLIII, 1830, 567.

1903. Poisson, S. D. Mémoire sur les températures de la partie solide du globe, de l'atmosphère, et du lieu de l'espace où la Terre se trouve actuellement. Paris, Crh, IV, 1837, 137.

1904. Pouillet, C. S. M. Sur la chaleur du Soleil, sur les pouvoirs rayonnants et absorbants de l'atmosphère et sur la température de l'espace. Paris, Crh, VI, 1838, 348, 889.

1905. Liais, E. Recherches sur la température de l'espace planétaire. Mémoires de la Société des sciences naturelles de Cherbourg, 8°, Cherbourg; t. I, 1852, p. 248.

Comparez du même auteur : L'espace céleste, 8°, Paris, [1866]; p. 573.

1906. Melsens, L. Rapport [sur la cinquième question du concours de 1872]. Bruxelles, Bul$_2$, XXXIV, 1872, 361.

1907. Fröhlich, J. Ueber die Wärme des Himmels, die Temperatur des Weltraums und die mittlere Temperatur der Atmosphäre. Repertorium für Meteorologie, redigirt von *H. Wild*, 4°, St.-Petersburg; vol. VI, Abth. 1, 1878, p. 1.

§ 150. LOIS DISTRIBUTIVES.

Une fois les planètes rangées autour du Soleil, on fut amené à considérer l'espacement mutuel de leurs orbites. Les distances augmentaient rapidement quand on arrivait aux planètes les plus extérieures. *Képler* avança qu'il y avait un saut brusque, une sorte de lacune, entre Mars et Jupiter, et aussi, ajoutait-il, entre Mercure et Vénus (*Keplerus*, Prodromus dissertationum cosmographicarum, 4°, Tubingue, 1596; p. 7. — Reproduit : Keplerus, Opa, I, 1858, 107). Il y a, dit-il, une certaine

régularité dans les distances moyennes des planètes au Soleil, une sorte de loi distributive (*Keplerus*, Harmonices mundi. fol., Lincii Austriae, 1619; lib. v, cap. 3. — Reproduit : Keplerus, Opa, V, 1864, 274).

La loi des distances reçut de *Titius* une expression définie. En publiant, en 1766, une édition allemande des « Contemplations de la nature » de *Bonnet*, il intercala sa loi nouvelle, sans en avertir. Mais dans la seconde édition, six ans plus tard, il la rejeta dans une note, et la signa de son initiale, T. Voyez *Bonnets* Betrachtung über die Natur, deutsch übersetzt von *J. D. Tietz* [*Titius*], 2te Aufl., 8°, Leipzig, 1772; p. 7.

Cette loi empirique fut alors reprise et mise en vogue par *Bode* (Anleitung zur Kenntniss des gestirnten Himmels, 2e édit., 8°, Hamburg, 1772; p. 462), et c'est de là qu'elle est passée dans les ouvrages de vulgarisation.

On trouvera de nombreux rapprochements relatifs à la constitution du système solaire dans :

1908. Alexander, S. Statement and exposition of certain harmonies of the solar system. Smithsonian contributions to knowledge, 4°, Washington; vol. XXI, 1875, n° 1.

Et dans :

1909. Carruthers, G. T. New solar elements; 8°, Nagpur, 1879.

L'auteur de ce dernier travail croit pouvoir établir diverses relations entre les diamètres, les masses, les temps de révolution, ceux de rotation, etc., des corps du système solaire.

Gaussin, dans le mémoire dont le titre suit, a essayé de représenter les distances des planètes au Soleil, et celles des satellites à leur planète, par des formules exponentielles :

1910. Gaussin, L. Lois concernant la distribution des astres du système solaire. Paris, Crh, XC, 1880, 518, 593.

Voyez encore :

B —, J. Die Anordnung der Gestirne im Sonnensystem. Sirius, Zeitschrift für populäre Astronomie, 8°, Leipzig; vol. XIII, 1880, p. 186.

Cet article avait paru d'abord dans Arendts Rundschau für Geographie. L'auteur y traite de l'espacement des orbites, dans les différents systèmes de satellites.

En ce qui touche la rotation des planètes, on consultera

1911. Kirkwood, D. On a new analogy in the periods of rotation of the primary planets. Proceedings of the American Association for the advancement of science, 8°, Washington; année 1849, p. 207.

1912. Schubert, E. On the rotation of the planets upon their axes. AN, VI, 1861, 95.

L'auteur croit les durées de rotation dans le rapport inverse des racines carrées des grands axes des orbites.

§ 151. SYSTÈMES DES SATELLITES.

Les systèmes de satellites sont des miniatures du système planétaire. Les mêmes lois y président aux mouvements. Toutefois cette circonstance ne fut reconnue d'une manière explicite qu'au bout d'un certain temps. Ainsi ce ne fut qu'en 1643, que *Wendelin* communiqua à *Riccioli* la remarque que les révolutions et les distances des satellites de Jupiter sont entre elles dans le rapport exigé par le troisième loi de Kepler (Riccioius, Ara, 1665, 371). Ces satellites étaient alors découverts depuis plus de trente ans.

Pour le système de Saturne, ce fut en 1684 que *J. D. Cassini* fit la même remarque (Paris, His, I, 1733, 417). Il venait, à ce moment, de découvrir deux nouveaux membres de ce système; mais il y avait alors douze ans que l'on connaissait à Saturne trois satellites.

On admet aujourd'hui, par analogie, que les lois de Képler s'étendent au système d'Uranus, mais on n'a pas fait de ce sujet une étude spéciale.

Un caractère particulier aux systèmes de satellites, c'est que la rotation des corps qui les composent s'exécute dans le même temps que leur révolution. On verra aux chap. XVII et XVIII, sur quelles observations on peut se fonder pour établir ce caractère. Le premier auteur qui ait regardé ce trait comme un fait général, a été *Hartsoeker* (Conjectures physiques, 4°, Amsterdam, 1706; p. 20).

§ 152. PLURALITÉ DES MONDES.

L'idée de la pluralité des mondes se trouvait déjà dans les orphiques, très-anciennes poésies grecques qu'on attribuait à Orphée (*Plutarchus*, De placitis philosophorum [G], lib. II, cap. 13). Les pythagoriciens la partageaient (*Aristoteles*, De caelo [G], lib. II, cap. 13). Les nombreuses sources auxquelles on peut recourir pour suivre, à travers l'histoire, la trace de cette induction, ont été rassemblées par deux auteurs, auxquels nous renvoyons :

Fabricius, J. A., BGr, lib. I, cap. 20; édit. 1708, t. I, p. 151.

1913. Bonamy, P. N. Sentiments des anciens philosophes sur la pluralité des mondes. Paris, Ins, IX, 1736, 1.

Dans la liste formée par ces érudits, on trouve successivement les noms d'Anaximandre, Aristarque, Démocrite, Épicure, Métrodore, Zénon, Platon, Plutarque, parmi les anciens, et ceux de Cusa, Bruno, Tycho Brahé, Gilbert, Campanella, Descartes, Képler, Galilée, David Fabricius, parmi les modernes.

C'était surtout à la Lune qu'on avait songé, et la plupart des auteurs anciens qui ont parlé de la pluralité des mondes, avaient surtout en vue notre satellite. Dans les temps modernes, *Hevelius* (Selenographia sive Lunae descriptio, fol., Gedani, 1647; p. 294) a créé le mot « selenitae, » sélénites, pour désigner les habitants de la Lune.

Les principaux ouvrages où l'on traite de la pluralité des mondes sont :

1914. Keplerus, J. Somnium, seu opus posthumum de astronomia lunari; 4°, Sagani Silesiae & Francofurti, 1634. — Reproduit : Keplerus, Opa, VIII, 1870, 21.

L'auteur cherche à se représenter les phénomènes astronomiques tels qu'ils seraient vus de la Lune. C'est la première fois qu'on a supposé l'observateur placé ailleurs que sur la Terre.

1915. Fontenelle, B. L. de. Entretiens sur la pluralité des mondes; 12°, Paris, 1686. Indépendamment des réimpressions dans les œuvres de l'auteur, celles qui ont été faites séparément sont très-nombreuses. Il y en a encore eu une à Paris, 12°, 1831; une autre, 12°, Paris, 1841, à la suite de l'Astronomie des dames de *Lalande*; enfin une autre encore formant le 2ᵉ livr. de la Bibliothèque de la famille, 12°, Paris et Lyon, 1832.

Traductions.

Conversations on the plurality of worlds (par *Mrs. A. Behn*); 8°, London, 1703. — Il existe d'autres éditions anglaises, par d'autres traducteurs.

Gespraeche von mehr als einer Welt (par *C. Gottsched*); 8°, Leipzig, 1726. — Souvent réimprimé.

Samtal om flere werldar (par *J. Wallén*); 8°, Stockholm, s. d.

Samtaler om meer end een verden immellem et fruentimmer ogen laerd mand; 8°, Kjobenhavn, 1748. — Réimp. 1764.

Tratteminenti sulla pluralità de' mondi (par *P. Vestrini*); 12°, Arezzo, 1751. — Réimpr., 12°, Napoli, 1842.

Rozmowy o wielósci swiatów (par *E. Dobicky*); 8°, Warszowii, 1765.

Dialogen über die Mehrheit der Welten; 8°, Berlin, 1777. Nouvelle traduction allemande, annotée par *J. E. Bode*. Il y a des réimpressions: 4° édit., 1823.

Il y a aussi une traduction en grec moderne, par *T. Kodrika*, imprimée 8°, à Vienne, en 1794.

On a quelque peine à s'expliquer aujourd'hui la réputation de ce livre longtemps célèbre, qui n'offre à l'astronome qu'une lecture à peu près sans fruit.

1916. Hugenius [Huygens], C. Cosmotheoros, sive de terris coelestibus earumque ornatu conjecturae; 4°, Hagae Comitum, 1699; 8°, Lipsiae, 1704. — Reproduit dans ses Opera varia, vol. II, p. 641 (édit. 1724).

Traductions.

The celestial worlds discovered, or conjectures concerning the inhabitants, plants, and productions of the worlds in the planets; 12°, London, 1698.

De wereld-beschouwer, of gissingen over de hemelsche aardklooten (par *Rabus*); 8°, Rotterdam, 1699. — Réimprimé plusieurs fois.

Traité de la pluralité des mondes; 12°, Paris, 1702. — Réimpr., 12°, La Haie, 1724.

Cosmotheoros oder weltbetrachtende Muthmassungen von denen himmlischen Erdkugeln; 4°, Leipzig, 1703.

1917. Plisson, F. C. Les mondes, ou essai philosophique sur les conditions d'existence des êtres organisés dans notre système planétaire; 12°, Paris, 1842.

Traduction.

Die Sterne als bewohnbare und unbewohnte Welten; 8°, Grimma, 1851.

1918. [Whewell, W.] Of the plurality of worlds, an essay; 12°, London, 1853. — 5me édit., 1859.

1919. Brewster, D. More worlds than one; 8°, London, 1855.

Cet ouvrage a eu en peu de temps un immense tirage; en 1858 il en était au 9me millier.

1920. Liagre, J. B. Discours sur la pluralité des mondes. Bruxelles, Bul., VIII, 1859, 585.

1921. Flammarion, C. La pluralité des mondes habités, étude où l'on expose les conditions d'habitabilité des terres célestes, discutées au point de vue de l'Astronomie, de la physiologie et de la philosophie naturelle; 8°, Paris, 1863. — Un grand nombre d'éditions, 12° ou 18°, la 14me en 1869.

Traductions.

Die Mehrheit bewohnter Welten; 8°, Leipzig, 1865.

Bebodda verldar, eller vilkoren för himlakropparnes beboelighet; 8°; Stockholm, 1866. — Plusieurs éditions, la 4me en 1867.

1922. Proctor, R. A. Other worlds than ours, the plurality of worlds studied under the light of recent scientific researches; 8°, London, 1870. — 3me édit., 1878.

§ 153. COSMOGONIE.

Il y avait deux manières d'envisager l'état primitif du système solaire. Supposant invariable la condition de ce système, on pouvait se demander comment cette espèce d'horloge avait été mise en marche. Ou bien, partant de l'idée d'évolution, on pouvait rechercher par quelles phases le système a passé pour arriver à son état actuel.

C'est la première conception qui se présenta d'abord à la pensée des philosophes et des hommes de science. A la fin du VIe siècle, *Simplicius*, que certains érudits croient être le même que Jean *Philopon*, expliquait déjà les mouvements des corps célestes par une impulsion initiale, combinée avec la pesanteur (*Simplicius*, De creatione mundi [G], lib. I, cap. 12; Fabricius, BGr, éd. Harles, 1790, t. IX, p. 529).

Les essais de *Hooke*, en 1666, avec le pendule, partaient d'idées du même ordre (*Birch*, History of the Royal Society, 4 vol. 4°, London; vol. II, 1756, p. 90). Il s'agissait, en effet, de montrer comment on obtient le mouvement elliptique par la combinaison d'une force centripète et d'une première impulsion.

C'est encore dans l'hypothèse d'une mise en marche instantanée de tout le système planétaire, que se plaçait *Jean Bernoulli*, lorsqu'il calculait en quel point d'un rayon de leur équateur, chacune des planètes aurait dû être frappée, pour qu'il en résultât le double mouvement de rotation et de révolution dont ces corps sont animés aujourd'hui (*Bernoulli, J.*, Opera omnia, 4 vol. 4°, Lausannae & Genevae, 1742; vol. IV, p. 283). Voyez les remarques de *Hartwig* sur ce travail, ANn, XLI, 1855, 121.

L'idée d'évolution, appliquée au système du Soleil et de ses planètes, remonte à *Swedenborg*. C'est dans cet auteur qu'il est parlé pour la première fois, bien qu'un peu vaguement, de la séparation successive de diverses zones ou ceintures de la masse centrale. Voyez

1923. Swedenborg, E. De chao universali Solis et planetarum, deque separatione ejus in planetas et satellites.

Forment un chap. de ses Principia rerum naturalium, 1734; vol. II, part. III, p. 258-270 de l'édit. de Londres de 1845 en 2 vol. 8°.

On peut consulter, au sujet de ce curieux essai :

1924. Clissold, A. The divine order of the universe as interpreted by Emmanuel *Swedenborg*, with especial relation to modern Astronomy; 8°, London, 1878.

Et

1925. Nyrén, M. Ueber die von Emanuel Swedenborg aufgestellte Kosmogonie. Leipzig, Vjs, XIV, 1879, 80.

L'idée, du reste, ne demeura pas stérile, car elle fut bientôt reprise, d'une manière plus scientifique, par

1926. Wright, T. An original theory or new hypothesis of the universe; 4°, London, 1750.

Dans cet ouvrage, l'auteur représente les planètes comme se détachant du Soleil par anneaux successifs.

Nous passons sous silence la théorie de la Terre de *Buffon*, et toutes les hypothèses cosmogoniques plutôt géologiques qu'astronomiques. Nous renvoyons au chap. XXVI pour ce qui concerne la constitution générale de l'univers, et en particulier l'origine et l'évolution des nébuleuses. C'est là que nous rappellerons, entre autres travaux, ceux de *Kant* et de William *Herschel*.

A la fin du XVIIIe siècle, on était arrivé à une époque où l'Astronomie avait pris un caractère essentiellement positif, et où les anciennes tentatives d'expliquer l'origine du système solaire étaient à peu près oubliées.

C'est alors que *Laplace* arriva de son côté à une conception fort analogue à celle de *Swedenborg*, et qui a reçu le nom « d'hypothèse nébulaire. » Lui-même n'y est parvenu que par degrés, car on peut suivre les développements croissants qu'il a donné à ses idées, dans les éditions successives de « l'Exposition du système du monde. » Il y en a cependant quelque chose dès la première édition, 1796. C'est dans la note VII, à la fin de l'ouvrage, que se trouvent exposées les vues de ce grand astronome et mathématicien. Cette note a été reproduite dans Paris, ADL, 1867, 434.

Voici les travaux postérieurs les plus intéressants, qui se rattachent directement à l'hypothèse nébulaire :

1927. Brewster, D. On the nebular hypothesis.

Formant le chap. VII de son ouvrage More worlds than one, mentionné § 152, sous le n° 1919. L'auteur présente diverses objections contre l'hypothèse nébulaire.

1928. Babinet, J. Note sur un point de la cosmogonie de Laplace. Paris, CR, LII, 1861, 481.

Si le Soleil s'était étendu jusqu'à Neptune, dit *Babinet*, sa rotation eût été beaucoup trop lente (28 000 siècles) pour expliquer la vitesse de translation actuelle de la planète.

1929. Proctor, R. A. Laplace's nebular theory.

Dans son ouvrage : Saturn and its system, 8°, London, 1865; p. 201.

1930. Zeuner, G. La formation des corps célestes. Le Moniteur scientifique du chimiste et du manufacturier, 4°, Paris; t. XI, 1869, p. 518.

1931. Roche, E. Essai sur la constitution et l'origine du système solaire. Académie des sciences et lettres de Montpellier, mémoires de la section des sciences, 4°, Montpellier; vol. VIII, 1873, p. 235.

L'auteur établit que la surface libre qui termine l'atmosphère d'une masse en rotation, présente, dans le plan de l'équateur, une arête saillante, par laquelle la matière s'écoule lorsque la vitesse de rotation augmente.

1932. Abbe, C. Nebular hypothesis; 1876.

Article inséré dans *Johnson's* Encyclopaedia, 8°, New York.

1933. Ennis, J. Physical and mathematical principles of the nebular theory; 8°, London, 1877.

Indépendamment des conditions générales, il y a différents points spéciaux qui ont fixé l'attention des astronomes. De ce nombre sont les inclinaisons des plans des orbites planétaires, soit entre eux, soit par rapport à l'équateur solaire, ainsi que l'origine des mouvements tant de rotation que de révolution.

Jacq. *Cassini* avait déjà aperçu qu'il y a un certain intérêt à considérer les mouvements des planètes par rapport à l'équateur du Soleil :

1934. Cassini, J. Sur l'inclinaison du plan de l'écliptique, et de l'orbite des planètes, par rapport à l'équateur de la révolution du Soleil autour de son axe. Paris, M & M, 1734, 107.

L'inclinaison des orbites des planètes sur l'équateur du Soleil va d'abord en augmentant, à partir de Mercure qui se meut sous 3° d'obliquité à cet équateur, et de Vénus pour laquelle on a le chiffre 4°, jusqu'aux planètes plus éloignées qui présentent les chiffres de 6° ou 7°, et même de 9°. Ces inclinaisons sont calculées dans *Gehler's* Physikalisches Wörterbuch neu bearbeitet, 16 vol. 8°, Leipzig; vol. IX, 1840, p. 2078. Elles ont été de nouveau considérées par

1935. Hennessy, J. P. On the inclination of the planetary orbits. British Assoc, Rep, 1859, II, 34.

Nous allons reproduire, en ce qui concerne les grandes planètes, le tableau des inclinaisons des plans des orbites sur le plan de l'équateur du Soleil, d'après le *Gehler's* Wörterbuch (loc. cit.) *Hennessy* n'a pas donné toutes les valeurs numériques; nous lui empruntons seulement celle qui est relative à Neptune, planète encore inconnue à l'époque où la table du *Gehler* a été dressée :

Inclinaisons des orbites des grandes planètes sur le plan de l'équateur solaire.

Planètes.	Inclinaison.
Mercure	2° 54′
Vénus	4 9
Terre	7 30
Mars	5 50
Jupiter	6 24
Saturne	5 57
Uranus	6 44
Neptune	9 7

Les plus anciennes recherches sur la cause des inclinaisons sont celles de

1936 Bernoulli, J₁. Essai d'une nouvelle physique céleste, servant à expliquer les principaux phénomènes du ciel et en particulier la cause physique de l'inclinaison des orbites des planètes par rapport au plan de l'équateur du Soleil. [1734.] Paris, Rec, III, 1741, n° 1; suivi, dans le même volume, d'une version latine. — Reproduit: *Bernoulli, J₁.*, Opera omnia, 4 vol. 4°, Lausannae et Genevae, 1742; t. III, p. 261.

Et de

1937. Bouguer, P. Entretien sur la cause de l'inclinaison des orbites des planètes. [1734.] Paris, Rec, III, 1741, n° 7.

Ces recherches n'ont plus qu'une valeur historique. On consultera aujourd'hui :

1938. Darwin, G. H. The nebular hypothesis and the obliquity of the axes of planets to their orbits. Obs, I, 1878, 13.

L'obliquité de l'équateur sur l'orbite croît à mesure de la contraction. On s'explique ainsi pourquoi Jupiter, qui a ses satellites près de lui, n'a que peu d'obliquité, tandis que Saturne, dont certains satellites sont fort éloignés, en a une plus grande.

Le même auteur a considéré, dans plusieurs notices ou mémoires, l'histoire d'une planète au point de vue cosmogonique. Nous citerons, entre autres :

1939. Darwin, G. H. On the analytical expressions which give the history of a fluid planet of small viscosity, attended by a single satellite. London, Prc, XXX, 1880, 255.

1940. Darwin, G. H. On the tidal friction of a planet attended by several satellites, and on the evolution of the solar system. London, PTr, 1881, 491.

Sur la question de l'origine des mouvements, on lira avec intérêt :

1941. Lagrange, C. De l'origine et de l'établissement des mouvements astronomiques. Bruxelles, Mcr, XLII, 1879, n° 2 et n° 3.

Depuis que la théorie mécanique de la chaleur a été introduite dans la science, on a pu tirer de cette théorie des conséquences qui portent sur l'évolution du système solaire. Les principaux travaux qui envisagent cette évolution à ce point de vue sont :

1942. Mayer, J. R. Beiträge zur Dynamik des Himmels in populärer Darstellung; 8°, Heilbronn, 1848.

1943. Thomson, W. On the mechanical energies of the solar system; 4°, Edinburgh, 1854.

1944. Helmholtz, H. Ueber die Entstehung des Planeten-Systems; [Braunschweig], 1876.

1945. Loschmidt, J. Ueber den Zustand des Wärmegleichgewichtes eines System von Körpern mit Rücksicht auf die Schwerkraft. Wien, Sb, LXXIII, 1876, 128, 366; LXXV, 1877, 287; LXXVI, 1877, 209.

L'auteur développe, dans cette série d'articles, les conséquences cosmiques de la théorie mathématique de la chaleur.

§ 154. TABLEAUX DU SYSTÈME SOLAIRE.

La description générale des corps qui composent le système planétaire, ainsi que les principaux éléments numériques qui s'y rapportent, font l'objet de nombreux ouvrages, dont nous allons indiquer les plus recommandables ou les plus curieux. Nous suivrons l'ordre chronologique.



Nous mentionnerons d'abord les tableaux du système solaire, dans lesquels les éléments numériques tiennent ou la plus grande place, ou du moins une place importante :

1946. Kaldy, A. Unser Sonnensystem, nach mathematischen, physischen und chemischen Grundsätzen; 8°, Wien, 1820. — Réimp., 1825.

1947. Baily, F. Astronomical tables and formulae..., to which are prefixed the elements of the solar system; 8°, London, 1727. — Réimpr., 8°, London, 1829.

1948. Gruithuisen, F. v. P. Tabellarische Astronomie des Sonnensystems; 8°, München, 1835.

1949. Hind, J. R. The solar system, a descriptive treatise upon the Sun, Moon, and planets, including an account of all the recent discoveries; 8°, London, 1851.

1950. Mädler, J. H. Das Planetensystem der Sonne; 8°, Leipzig, 1854.

1951. Houzeau, J. C. Répertoire des constantes de l'astronomie. Annales de l'Observatoire royal de Bruxelles, 2e série, Astronomie, 4°, Bruxelles; vol. 1, 1878, n° 2.

1952. Ball, R. S. Elements of Astronomy; 12°, London, 1880.

Les ouvrages qui suivent sont presque entièrement consacrés à des descriptions physiques, générales ou partielles, du système solaire :

1953. Gelpke, A. H. C. Darstellung der Oberflächen der Weltkörper unseres Sonnengebietes, besonders der Erde, des Mondes, der Venus und des Merkur; 4°, Leipzig, 1811.

1954. Dick, T. Celestial scenery, or the wonders of the planetary system displayed; 8°, London, 1838. — Le 7me millier tiré en 1852.

Traduction.

Die Wunder des Himmels (par *F. Eichstrom*); 8°, Stuttgart, 1848. — Réimprimé en 1850 et en 1852.

1955. Beer, W. & Mädler, J. H. Beiträge zur physischen Kenntniss der himmlischen Körper im Sonnensysteme; 4°, Weimar, 1841.

Traduction.

Fragments sur les corps célestes du système solaire (par les auteurs); 4°, Paris [Copenhague], 1840.

1956. Dick, T. The solar system; 18°, London, 1846. — Plusieurs éditions.

Traduction.

Y desparth heulawg; 18°, London, 1846. — 2e édit., 1852.

1957. Breen, J. The planetary worlds; the topography and telescopic appearances of the Sun, planets, Moon, and comets; 8°, London, 1854.

1958. Klein, H. J. Das Sonnensystem nach dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft vom Standpunkte der kosmischen Weltanschauung dargestellt; 8°, Braunschweig, 1871.

1959. Flammarion, C. Les terres du ciel, description... des planètes qui gravitent avec la Terre autour du Soleil, et de l'état probable de la vie à leur surface; 8°, Paris, 1875. — 2e édit., 1877.

§ 155. TABLES GÉNÉRALES DES PLANÈTES.

Les plus anciennes tables des mouvements des astres, qui nous aient été transmises par l'antiquité classique, sont celles de *Ptolémée*, indiquées plus haut § 55, n° 470. Les éléments de ces mouvements sont discutés dans l'Almageste ou Composition mathématique, mentionnée même §, nos 450-453.

Les peuples de l'Inde avaient aussi déterminé ces éléments, comme on le voit aux chap. 1 et 2 du Sûrya-Siddhânta traduit par *Burgess* (voir notre n° 333, § 30). On place aujourd'hui cet ouvrage vers le IVe siècle. *Cantor* (Vorlesungen über Geschichte der Mathematik, 8°, Leipzig; vol. 1, 1880) le regarde comme positivement postérieur à *Ptolémée*; *Bentley* (A historical view of the hindu astronomy, 8°, London, 1825; p. 126) le plaçait vers 1091. Il s'appuyait en cela sur les valeurs mêmes des éléments; mais on sait combien il est difficile de tirer de nombres qui varient très-lentement, et qui sont toujours entachés d'erreurs, une conclusion touchant l'époque où les observations ont été faites.

Le Sûrya-Siddhânta a été revisé, dans la première moitié du XVIe siècle, et les éléments corrigés à cette époque sont connus sous le nom de Bija.

Les Arabes ont repris, de leur côté, la détermination des mouvements célestes, et les ont réduits en tables, malheureusement presque toutes encore manuscrites. Une énumération des tables arabes et persanes, qui en porte le nombre à 21, se trouve dans *Weidler* (Historia astronomiae, 4°, Wittenbergae, 1741; p. 220). Comparez *d'Herbelot* (Bibliothèque orientale, fol., Paris, 1697; p. 934). *Bailly* (Traité de l'astronomie indienne, 4°, Paris, 1787; p. 174) a extrait de quelques-unes de ces tables les principaux éléments des mouvements des planètes. On trouve à notre § 58 l'indication des plus célèbres, telles que celles d'*Ebn Iounis* (n° 549), de *Nassir-Eddin* (n° 561), de *Chrysococca* (n° 567), d'*Ulug-Beg* (n° 571).

Il est rendu compte de celles d'*Arzachel*, ainsi que de celles insérées dans un vieil « Almanak editum Oxoniae, » et se rapportant à l'année 1348, dans

1960. Harris, R. An account of some astronomical tables in the library of the Rev. C. Turnor. London, MAS, XV, 1848, 179.

On verra aussi :

1961. Lee, Samuel. Notice of the astronomical tables of Mohamed Abibeker al Farsi. Cambridge, Tra, I, 1822, 249.

Dans le moyen âge, et à la renaissance des lettres en Europe, chaque astronome construisait des tables des mouvements célestes. Ces déterminations numériques étaient regardées comme le but pratique, le véritable objet de l'astronomie. On cherchait sans cesse à approcher des nombres véritables, plus près que ne l'avaient fait les devanciers. De là cette multitude de tables qui ont paru, comme corollaires des traités d'Astronomie, jusque dans le milieu du XVIIIe siècle.

On trouvera dans *Montucla* (Histoire des mathématiques, nouv. éd., 4 vol. 4°, Paris; t. IV, 1802, p. 302-308), l'énumération de 40 de ces tables générales, commençant aux tables alphonsines.

C'est seulement après les développements pris par la Mécanique Céleste, que la construction des tables est devenue une spécialité. Il n'a plus été possible à un même astronome d'embrasser l'ensemble de ces tables : chaque planète a été traitée à part.

Nous terminerons ce qu'on pourrait appeler l'époque des tables générales, aux deux dernières éditions de l'Astronomie de *Lalande*. C'est dans cet ouvrage que se trouve inséré le dernier ensemble de tables. Déjà cependant l'auteur du recueil n'avait plus été capable d'embrasser l'œuvre à lui seul. Il avait emprunté à *T. Mayer* ses tables de la Lune, à *Delambre* celles de Jupiter et ainsi de plusieurs autres. La nécessité de diviser le travail s'imposait.

Nous reprendrons, du reste, dans les monographies des diverses planètes, les travaux spéciaux auxquels chacun de ces corps célestes a donné lieu, depuis l'époque de *Newton*. Mais nous étendrons ici la période des tables d'ensemble jusqu'à la fin du XVIIIe siècle.

Après les travaux des Arabes, ou plutôt comme expression définitive de ces travaux, *Alphonse* X, de Castille, fit rédiger ses fameuses tables, dont voici l'indication bibliographique :

1962. Alphonsus Rex Castillae. Coelestium motuum tabulae, necnon stellarum fixarum longitudines ac latitudines Alphonsi tempori ad motus veritatem reductae; 4°, Venetiis, 1483.

Cette première édition d'un ouvrage composé au milieu du XIIIe siècle, a été donnée par *Johannes Saxoniensis* [Jean de Saxe]. Les éléments de ces tables étaient notablement plus précis que ceux de *Ptolémée*, ce qui leur assurait une prééminence qui fut longtemps marquée. Aussi les éditions de cet ouvrage furent-elles au nombre de dix, et se maintinrent-elles en faveur jusqu'à la fin du XVIe siècle. On a inséré un spécimen de ces tables, écrit avec les caractères du temps, dans le bel ouvrage « Libros del saber del rey *Alfonso* X de Castilla, » 5 vol. fol., Madrid, 1863-1867; voir t. IV, 1866, à la fin.

Les éditions des Tables alphonsines sont, outre celle de 1483, les suivantes : Augustae Vindelicorum, 1488; Venetiis?, 1490; Venetiis, 1492; Venetiis, 1518; Venetiis, 1521; Venetiis, 1524; Parisiis, 1545; Parisiis, 1553; Madriti, 1649. — Toutes ces réimpressions sont 4°.

Nous allons citer les plus importantes et les plus célèbres des tables générales des planètes, qui ont marqué la renaissance de l'Astronomie :

1963. Monteregio, J. de [Regiomontanus]. Tabulae astronomicae quas vulgo, quia omni difficultate et obscuritate carent resolutas vocant; 4°, Noribergae, 1536. — Réimpr., 4°, Vittebergae, 1580.

Copernicus, Rev, 1543 (voir nos nos 652-654, § 62).

Il ne s'agit pas de tables complètes; mais certains éléments ont été déterminés par *Copernic* pour les années 1515 et 1525.

1964. Reinhold[us], E. Prutenicae tabulae coelestium motuum; 4°, Tubingae, 1551. — Réimpr., 4°, Tubingae, 1554, 1562, 1571; Witebergae, 1585.

1965. Magini, G. A. Tabulae novae juxta Tychonis observationes elaboratae; 4°, Bononiae, 1619.

Longomontanus, C. S. Astronomia danica; fol., Amsterodami, 1622 (voir notre n° 675, § 63).

Les tables sont disséminées dans le volume. Elles reposent principalement sur les éléments des planètes déterminés par *T. Brahé*.

1966. **Kepler[us], J.** Tabulae rudolphinae, quibus astronomicae scientiae, temporum longinquitate collapsae, restauratio continetur; fol., Ulmae, 1627.

Fondées principalement sur les observations de *T. Brahé* depuis 1572. La plupart des éléments ont été déterminés pour l'année 1600.

Les Tables rudolphines ont été rééditées sous une forme un peu différente, et avec des corrections, par

Morin[us], J. B. Tabulae rudolphinae ad meridianum Uraniburgi supputatae, ad accuratum et facile compendium redactae; 4°, Parisiis, 1650. — Réimpr., 4°, Parisiis, 1657.

C'est d'après la réédition de *Morin* que ces tables ont été reproduites à la suite de

Mercator, N. Institutionum astronomicarum libri duo; 8°, Londini, 1676.

Et dans la traduction latine de l'Astronomie de *Streete* :

Streete, T. Astronomia carolina, ex idiomate anglicano in latinum transtulit *J. G. Doppelmayer*; 4°, Norimbergae, 1705.

C'est aussi sur la réédition de *Morin* qu'a été faite l'édition anglaise :

Traduction.

Tabulae rudolphinae, or the rudolphinae tables, supputated to the meridian of Uraniburge, first by *Kepler*, afterwards digested into a most accurate compendium by *Morinus*; 4°, London, 1675.

1967. **Lansberg[ius], P.** Tabulae motuum coelestium perpetuae... et observationum thesaurus; 4°, Middelburgi, 1632. — Réimpr. dans ses Opera omnia, fol., Middelburgi Zelandiae, 1663.

Traduction.

Les tables perpétuelles des mouvements célestes, ensemble ses théories nouvelles des mouvements célestes, et le trésor d'observations astronomiques (par *D. Goubard*); fol., Middelbourg [aussi Leyde], 1633 [des exemplaires sont marqués 1634].

1968. **Bullialdus, I.** Tabulae philolaicae. Avec pagination séparée dans : Bullialdus, Aph, 1645 (voir notre n° 663, § 63).

1969. **Ricciolus, J. B.** Tabulae novalmagesticae secundorum mobilium. Dans son Astronomia reformata; fol., Bononiae, 1665; part. II.

Les éléments de ces tables sont presque tous empruntés à *Bouillau*. Les valeurs qui appartiennent réellement en propre à *Riccioli*, sont celles qu'on trouve dans Ricciolus, Alm, 1651, I, passim. Ce sont ces dernières que nous rapportons au § suivant.

1970. **Streete, T.** Astronomia carolina, a new theory of the celestial motions; 4°, Londini, 1661. — Réimpr., 1710 et 1716.

Les tables astronomiques jointes à cet ouvrage ont été longtemps estimées. Le texte est en anglais.

Traduction.

Astronomia carolina... ex idiomate anglicano in latinum translata (par *J. G. Doppelmayer*); 4°, Norimbergae, 1705.

1971. **Halley, E.** Tabulae astronomicae, accedunt de usu tabularum praecepta; 4°, Londini, 1749.

Traduction.

Tables astronomiques de M. Halley, (par *J. Chappe d'Auteroche* pour la 1re partie et par *J. J. de Lalande* pour la 2e); 2 vol. 8°, Paris, 1754-1759.

Les tables de *Halley* étaient rédigées dès 1719. La publication en a été tardive.

1972. **Lahire, P. de.** Tabulae astronomicae... ex ipsis observationibus deductae, cum usu tabularum; 2 part. 4°, Parisiis, 1687-1702. — Réimpr. (avec additions par *N. Grammatico*); 4°, Ingolstadii, 1722; 2e édit., 4°, Parisiis, 1727.

Traductions.

Astronomische Tabellen (par *J. A. Klimm*); 4°, Nürnberg, 1725.

Tables astronomiques dans lesquelles on donne les mouvements du Soleil, de la Lune et des autres planètes (par *L. Godin*); 4°, Paris, 1735.

1973. **Cassini, J.** Tables astronomiques; 4°, Paris, 1740.

Ces tables reposent sur une discussion soignée des éléments du système, et peuvent être considérées comme vraiment originales.

Lalande, J. J. de. Tables astronomiques. Lalande, Ast_2, I, 1771, à la fin, avec pagination séparée.

Lalande, J. J. de. Tables astronomiques. Lalande, Ast_3, I, 1792, à la fin, avec pagination séparée.



§ 156. ÉLÉMENTS DES ANCIENNES PLANÈTES.

Nous allons prendre, dans les principales tables qui viennent d'être mentionnées, les éléments les plus importants des anciennes planètes. Nous les réunissons en tableaux, d'une construction uniforme, afin de faciliter les comparaisons. Nous avons adopté pour les dénominations et le choix des éléments, le système moderne, c'est-à-dire la théorie elliptique.

Ce choix ne causait aucune difficulté, lorsqu'il s'agissait des tables les plus récentes, de celles du XVIIIe siècle, par exemple. Mais pour la plupart des tables anciennes, il y avait à démêler les éléments elliptiques au milieu de données complexes, qui se présentaient souvent sous une forme inappropriée à notre objet. La conversion a été faite, en suivant les règles les plus simples, toutes les fois que les données justifiaient la transformation.

On remarquera que les éléments réunis dans nos tableaux sont ceux qui résultent de l'observation immédiate : le moyen mouvement et non le demi-grand axe de l'orbite, qu'on peut en déduire par le calcul ; la plus grande équation du centre et non l'excentricité, qui en dérive. C'est, en effet, des résultats de l'observation qu'il s'agit ici.

Voici la liste des tables qui ont été compulsées; elle renferme, comme on le verra, toutes les tables générales vraiment importantes, qui ont paru jusqu'à la fin du XVIIIe siècle. Les indications bibliographiques qui s'y rapportent ont été données au § précédent.

Auteur.	Siècle.	Nom des tables.	Premier méridien.
Ptolémée	II.	»	Alexandrie.
Sûrya-Siddhânta	IV?	»	Avanti, aujourd'hui Oujein.
Albategnius	IX.	»	Aracht = Racc.
Arzachel	XII.	Tabulae toledanae.	Tolède.
Nassir Eddin	XIII.	Tabulae ilkhanianae.	Meragah.
Alphonsus	XIII.	Tabulae alphonsinae.	Tolède.
Almanach ed. Oxoniae. . .	XIV.	»	Oxford.
Chrysococca.	XIV.	»	Tybenes.
Ulug-Beg	XV.	Tabulae regiae.	Samarkand.
Copernic.	XVI.	»	Fribourg-en-Prusse.
Bija	XVI.	»	Oujein.
Reinhold.	XVI.	Tabulae prutenicae.	Königsberg.
Magini	XVI.	»	Uranibourg.
Képler	XVII.	Tabulae rudolphinae.	Uranibourg.
Longomontanus	XVII.	Tabulae danicae.	Copenhague.
P. Lansberg.	XVII.	Tabulae lansbergianae.	Goes (Zélande).
Boulliau	XVII.	Tabulae philolaicae.	Uranibourg.
Riccioli	XVII.	Tabulae bononienses.	Bologne.
Streete	XVII.	Tabulae carolinae.	Londres.
Lahire	XVIII.	Tabulae ludovicianae.	Paris.
Halley	XVIII.	»	Greenwich.
J. Cassini	XVIII.	»	Paris.
Lalande I	XVIII.	»	Paris.
Lalande II	XVIII.	»	Paris.

Nous désignons respectivement par Lalande I et Lalande II, les deux dernières éditions de l'Astronomie de *Lalande*, qui ont paru en 1771 et 1792. Plusieurs des tables publiées par cet auteur sont le fruit des travaux de divers spécialistes. Ainsi les tables de la Lune sont de *T. Mayer*, revues dans la dernière édition par *Mason*.

Nous aurions pu également donner deux systèmes de valeurs empruntés à *Riccioli*, celui de son « Almagestum novum, » et celui de son « Astronomia reformata, » qui a paru quatorze ans plus tard. Nous avons cru devoir nous borner au premier système, qui lui appartient entièrement. Dans ses dernières tables, *Riccioli* a suivi souvent *Boulliau*. Aussi ne nous sommes-nous servis des Tabulae novalmagesticae de son « Astronomia reformata, » que pour compléter certaines données de son premier ouvrage.

Les quantités désignées par C, en tête des colonnes du tableau suivant, expriment le nombre de circonférences accomplies dans l'intervalle donné de 365 jours.

Mouvement en longitude moyenne, en 365j.

AUTORITÉ.	DATE des tables.	Mercure. 4° +	Vénus. 1° +	Terre.	Mars.	Jupiter.	Saturne.	Lune. 13° +
Ptolémée	130	53°43′ 7″	224°46′ 57″	359°45′ 25″	191°16′ 54″	30°20′ 23″	12°13′ 24″	129°22′ 46″
Sûrya-Siddhânta	IVe siècle?	53 42 36	224 47 30	359 45 32	191 16 52	30 20 30	12 13 9	»
Nassir-Eddin	1260 ∓	53 43 16	224 47 27	359 45 40	191 17 11	30 20 34	12 13 30	»
Alphonsus	1272	53 41 50,8	224 46 54,4	359 45 30,4	191 15 25,2	30 20 28,7	12 13 34,7	129 23 2,6
Alman. Oxon.	1340?	53 42 0	224 46 55	359 45 30	191 17 5	30 20 29	12 13 33	»
Chrysococca	1346	53 43 3	224 46 34	359 45 40	191 17 12	30 20 12	12 13 30	129 23 2
Ulug-Beg	1444	53 43 13,5	224 47 32,0	359 45 30,4	191 17 13,0	30 20 34,7	12 13 30,1	129 23 6,0
Copernic	1525	53 42 38,6	224 46 58,3	359 45 30,8	191 16 42,5	30 20 4,7	12 13 9,8	129 23 1,8
Bija	1530 ∓	53 41 41,1	224 46 56,8	359 45 32,0	191 16 52,5	30 19 46,2	12 12 22,8	»
Reinhold	1551	53 43 36,5	224 46 56,3	359 45 39,0	191 16 18,3	30 19 41,1	12 12 46,1	129 22 55,0
Longomontanus	1622	53 41 28,7	224 46 7,3	359 45 42,0	191 17 10,0	30 20 31,7	12 13 33,3	129 23 2,6
Képler	1627	53 42 47,8	224 47 9,0	359 45 40,1	191 17 8,4	30 20 32,2	12 13 35,5	129 23 2,6
Lansberg	1632	53 42 20,0	224 47 7,3	359 45 30,1	191 17 19,1	30 20 31,8	12 13 35,2	129 23 2,3
Boulliau	1645	53 42 45,9	224 47 8,8	359 45 30,9	191 17 8,1	30 20 32,2	12 13 34,3	129 23 2,4
Riccioli	1651	53 42 46,4	224 47 6,5	359 45 41,2	191 17 8,4	30 20 32,2	12 13 33,5	129 23 3,3
Lahire	1702	53 43 15	224 47 28	359 45 40	191 17 8	30 20 32	12 13 20	129 23 3
Streete	1710	53 52 7	224 46 30	359 45 39	191 16 22	30 19 44	12 12 41	129 23 3
Halley	1719	53 42 2,0	224 47 29,0	359 45 40,2	191 17 9,7	30 20 33,0	12 13 21,3	129 23 3,3
J. Cassini	1740	53 43 11,0	224 47 28,7	359 45 40,3	191 17 9,3	30 20 34,0	12 13 25,7	129 23 3,2
Lalande I	1771	53 43 6,0	224 47 28,7	359 45 40,3	191 17 9,7	30 20 37,7	12 13 26,7	129 23 3,3
Lalande II	1792	43 43 3,3	224 47 30,0	359 45 40,5	191 17 9,7	30 20 31,7	12 13 36,8	129 23 3,2

Longitude du périhélie.

AUTORITÉ.	ÉPOQUE.	Mercure.	Vénus.	Terre.	Mars.	Jupiter.	Saturne.	Lune.
Ptolémée	130	10° 0′	55° 0′	65°30′	295°30′	341° 0′	53° 0′	»
Sûrya-Siddhânta	IVe siècle?	40 26	79 49	77 15	310 1	351 16	56 58	»
Albategnius	883	»	»	82 17	306 18	354 58	74 58	»
Alman. Oxon	1340	28 51 4″	89 56 54″	»	313 23 44″	351 48 31″	71 33 13″	»
Copernic	1515	»	»	96 40	327 0	6 21	87 42	»
Képler	1600	72 49 48	121 14 22	95 44 8″	328 59 54	6 52 1	84 57 36	»
Longomontanus	1600	»	»	95 40 0	328 41 56	7 31 58	86 26 57	»
Lansberg	1600	»	»	90 25 8	325 32 6	3 8 55	85 53 12	»
Boulliau	1600	71 37 47	125 25 5	95 35 24	328 59 52	8 1 22	85 59 46	»
Riccioli	1644	71 37 20	125 25 4	97 39 8	329 50 2	8 36 0	87 13 20	»
Lahire	1700	73 3 40	126 56 10	98 7 30	330 35 20	10 17 14	89 14 41	»
Halley	1750	73 27 12	127 18 31	98 28 43	331 31 38	10 33 46	89 39 58	330°58′ 55″
J. Cassini	1750	73 41 18	127 38 0	98 27 23	331 36 9	10 14 33	89 13 31	331 1 21
Lalande I	1750	73 33 3	128 13 0	98 38 4	331 28 24	10 22 31	89 53 30	330 55 51
Lalande II	1750	73 35 58	127 54 42	98 37 16	331 28 24	10 21 4	88 9 7	330 54 53,5

Mouvement du périhélie en 100 ans (juliens).

AUTORITÉ.	DATE des recherches.	Mercure.	Vénus.	Terre.	Mars.	Jupiter.	Saturne.	Lune. 11s +
Képler	1588	2°54′35″	2° 9′50″	1°43′20″	1°51′30″	1°18′35″	2° 6′ 1″	109°14′16″
Lansberg	1590	3 11 13	2 22 37	1 42 31	2 13 28	1 40 19	2 10 41	»
Boulliau	1645	2 53 41	1 24 31	1 34 47	2 11 21	2 28 30	3 10 10	109 18 29
Riccioli	1651	1 23 45	1 20 0	1 43 28	1 56 40	1 30 0	2 46 40	109 18 44
Lahire	1702	2 44 40	2 23 41	1 42 30	1 50 46	2 37 22	2 16 8	109 14 16
Halley	1717	1 27 37	1 34 13	1 41 7	1 56 40	2 0 0	2 13 20	109 11 15
J. Cassini	1740	2 13 20	2 23 20	1 42 55	1 59 38	1 33 42	2 9 44	109 14 16
Lalande I	1771	1 57 40	4 10 0	1 50 0	1 51 40	1 43 20	2 23 20	109 11 15
Lalande II	1792	1 33 45	1 21 0	1 45 35	1 51 40	1 34 33	1 50 7	109 11 15

Équation du centre.

AUTORITÉ.	DATE de la recherche.	Mercure.	Vénus.	Terre.	Mars.	Jupiter.	Saturne.	Lune.
Ptolémée	138	22°30′30″*	2°41′ 0″	2°23′	11°32′	5°15′	6°32′	0°20′30″
Sûrya-Siddhânta	IVe siècle?	»	1 45 3	2 10 31″	11 32 3″	5 5 58″	7 30 32″	»
Arzachel	1104 ∓	22 2*	1 59	1 59 20	11 24	5 15	6 31	»
Alphonsus	1272	25 1 30*	2 19	2 10 0	11 24	5 17	6 31	»
Almon. Oxon.	1340	»	2 10	»	11 24	5 37	6 31	»
Copernic	1525	21 37 30*	2 0	1 51	11 8	5 15	6 31	»
Reinhold	1551	21 37 58*	2 0 17	1 56 30	11 5 50	5 15 59	0 50 0	»
Magini	1585	21 3 41*	2 0 17	2 3 10	11 5 50	5 15 50	0 30 30	»
Képler	1596	24 11 17	0 47 30	2 3 0	10 37 0	53 5 17	6 32 9	0 15 0
Longomontanus	1622	22 34 5*	1 59 10	2 2 46	10 34 20	5 28 50	6 38 17	6 15 42
Lansberg	1632	21 34 0*	2 0 0	2 0 0	12 9 9	5 15 0	6 31 0	0 15 38
Boulliau	1645	24 17 29	0 54 56	2 3 0	10 35 46	5 33 50	0 57 10	6 14 50
Riccioli	1651	22 20 20*	1 59 0	1 59 0	10 37 10	5 28 30	6 30 24	6 15 30
Lahire	1702	24 16 52	9 50 0	1 55 42	10 40 40	5 30 54	0 30 0	6 17 17
Halley	1719	25 42 56	0 46 0	1 56 20	10 40 2	5 31 33	0 33 4	6 21 0
J. Cassini	1740	24 2 58	6 40 6	1 55 51	10 30 19	5 31 17	0 51 40	6 17 34
Lalande I	1771	25 40 46	0 45 30	1 55 31,6	19 42 14	5 34 0	0 25 19	6 18 32
Lalande II	1792	25 40 9	0 47 20	1 55 36,5	10 40 40	5 30 33	0 26 42	6 18 32

* Les équations de Mercure marquées de ce signe sont formées en prenant la moyenne des équations de l'orbe dans le périgée et l'apogée de l'excentrique.

Longitude du nœud ascendant.

AUTORITÉ.	ÉPOQUE.	Mercure.	Vénus.	Terre.	Mars.	Jupiter.	Saturne.	Lune.
Arzachel	1104?	287° 30′	347° 30′	»	31° 51′	90° 1′	100° 30′	»
Copernic	1530	238	76	»	57	117	127	»
Képler	1600	42 25 22″	73 0 45″	»	46 44 32″	95 25 58″	110 50 50″	»
Riccioli	1600	42 30 40	73 30 0	»	46 44 30	97 0 0	110 40 0	»
Boulliau	1600	41 58 47	74 7 38	»	46 44 32	98 37 23	110 30 40	»
Lahire.	1700	44 53 14	73 54 19	»	47 25 20	97 11 44	111 58 20	140° 2′ 4″
Halley	1750	44 39 0	74 23 43	»	47 56 22	98 15 50	111 20 6	200 13 50
J. Cassini	1750	45 25 20	74 27 45	»	47 45 45	97 49 57	112 1 4	200 18 8
Lalande I	1750	45 21 15	74 26 18	»	47 36 30	98 16 0	111 31 17	200 19 9
Lalande II	1750	45 20 45	74 26 18	»	47 38 38	97 54 22	111 30 25	200 20 0

Mouvement du nœud en 100 ans (juliens).

AUTORITÉ.	DATE des recherches.	Mercure.	Vénus.	Terre *.	Mars.	Jupiter.	Saturne.	Lune. — 1° —
Képler.	1612	2° 21′ 50″	1° 18′ 17″	»	1° 6′ 12″	0° 3′ 40″	1° 50′ 0″	134° 11′ 7″
Longomontanus	1622	»	»	»	1 28 12	0 22 41	1 9 40	»
Lansberg	1632	0 22 41	1 5 18	1° 17′ 8″	1 6 40	0 0 0	1 51 42	»
Boulliau.	1645	2 38 18	0 56 16	1 25 0	1 20 25	0 41 3	0 45 15	134 12 7
Riccioli	1651	2 38 20	1 8 40	1 26 20	1 6 40	0 25 0	1 25 0	»
Lahire.	1702	2 22 4	1 18 47	1 25 0	1 1 20	0 25 32	1 50 5	134 11 7
Halley.	1719	1 25 20	0 51 40	1 25 0	1 5 26	1 25 20	0 30 0	134 11 15
J. Cassini	1740	1 24 40	0 58 40	1 25 45	0 58 40	0 40 9	1 35 11	134 11 5
Lalande I	1771	1 15 0	0 51 40	1 26 35	1 0 20	1 40 0	0 40 9	134 11 15
Lalande II	1792	1 12 10	0 51 40	1 26 55	0 46 40	0 50 30	0 52 35	134 11 15

* Pour la terre, le mouvement est celui en précession.

Inclinaison de l'orbite sur l'écliptique.

AUTORITÉ.	DATE de la recherche.	Mercure.	Vénus.	Terre.	Mars.	Jupiter.	Saturne.	Lune.
Ptolémée........	136	7° 0'	3° 30'	•	1° 0'	1° 30'	2° 30'	•
Sûrya-Siddhânta....	IVe siècle?	•	•	•	1 30	1 0	2 0	•
Képler........	1618	6 54 0	3 22 0	•	1 50 30	1 19 30	2 32 0	5° 0' 0"
Lansberg........	1632	6 16	3 30	•	1 50	1 20	2 31	5 8 0
Boulliau........	1645	7 30 54	3 22 53	•	1 51 4	1 21 48	2 30 0	4 58 30
Riccioli........	1651	6 54 0	3 24 0	•	1 50 30	1 25 0	2 31 0	5 9 0
Lahire........	1702	6 52 0	3 23 5	•	1 51 0	1 19 20	2 33 30	5 1 30
Halley........	1719	6 59 20	3 23 20	•	1 51 0	1 19 10	2 30 10	4 59 35
J. Cassini........	1740	7 0 0	3 23 20	•	1 50 54	1 19 30	2 30 36	5 1 0
Lalande I........	1771	7 0 0	3 23 20	•	1 51 0	1 19 10	2 30 20	5 8 52
Lalande II........	1792	7 0 0	3 23 35	•	1 51 0*	1 19 0	2 29 55	5 8 48,9

* Dans : Lalande, $Astr_3$, I, 1792, la table CXVII, p. 138, où ce chiffre est donné, porte par erreur le titre : « Latitude héliocentrique de Jupiter; » il faut : ... de Mars.

§ 157. VARIATIONS DES ÉLÉMENTS ET LEURS LIMITES.

Jusqu'à l'époque où la Mécanique Céleste a pris ses développements, les variations séculaires des éléments des planètes ne pouvaient être déterminées que par des comparaisons à long intervalle. Les changements sont d'ailleurs si lents, que les résultats demeurent incertains. On le voit au premier coup d'œil, dans les tableaux du § précédent, par les discordances que les nombres présentent, lorsqu'il s'agit des mouvements des périhélies et des nœuds.

Les déterminations numériques commencèrent seulement à se fixer lorsqu'on se fut rendu maître des théories de la Mécanique Céleste. C'est dans les calculs modernes et dans les tables spéciales des différentes planètes, qu'il faut chercher aujourd'hui les résultats de ces discussions. Aussi est-ce aux monographies des différentes planètes, que nous en reparlerons, pour chacune d'elles en particulier. Quant à la théorie elle-même de ces variations, on se rappelle que nous en avons traité au § 113, p. 269.

Nous ne parlerons ici que des caractères généraux des mouvements séculaires, et des limites des éléments qui varient par oscillations.

La première détermination des limites des excentricités et des inclinaisons a été faite par *Lagrange*, dans le mémoire cité plus haut, au § 113, sous le n° 1477. La précision des chiffres a successivement augmenté, à mesure qu'on a mieux connu les valeurs des masses des différentes planètes. Voici les résultats obtenus jusqu'ici, touchant les conditions auxquelles est soumis à cet égard le système planétaire.

Valeurs attribuées aux limites des excentricités et des inclinaisons.

1782. J. L. de Lagrange. (Berlin, Mém., 1782, 169, art. 66, 73, 82, 84, 35, 84. — Reproduit : Lagrange, Œu, V, 1870, 524, 536, 294, 292, 300, 293.)

PLANÈTES.	Limites des excentricités.	Limites des inclinaisons sur l'écliptique fixe de 1800.
Mercure........	0,232 06	7°38'
Vénus.........	0,082 71	5 6
La Terre.......	0,076 41	5 23
Mars..........	0,147 26	5 29
Jupiter........	0,060 36	2 2 30"
Saturne.......	0,084 06	2 32 40

1834. F. T. Schubert. (Traité d'astronomie théorique, 3e éd., 3 vol. 4°, Hambourg; 1834; t. III, liv. v, ch. 10.)

PLANÈTES.	Limites des excentricités.	Limites des inclinaisons sur l'écliptique fixe de 1800.
Mercure	0,227 968	8° 48′ 52″
Vénus	0,087 917	5 8 40
La Terre.	0,077 726	4 52 50
Mars	0,141 378	8 50 22
Jupiter.	0,061 512	2 6 58
Saturne	0,084 742	2 32 26
Uranus.	0,063 322	2 34 8

1841. Le Verrier. (CdT, 1843, 51 et 60.)

PLANÈTES.	Limites des excentricités.	Limites des inclinaisons sur l'écliptique fixe de 1800.
Mercure	0,225 646	9° 10′ 54″
Vénus	0,086 716	5 18 30
La Terre.	0,077 747	4 51 42
Mars	0,142 243	7 9 10
Jupiter.	0,061 548	2 0 40
Saturne	0,084 919	2 32 30
Uranus.	0,064 666	2 33 8

1873. Stockwell. (Smithsonian contributions to knowlegde, 4°, Washington; vol. XVIII, 1873, p. xi-xiv.) Cet auteur a tenu compte de la planète Neptune, découverte postérieurement aux travaux de ses prédécesseurs.

PLANÈTES.	Limites des excentricités.		Limites des inclinaisons sur le plan invariable du système planétaire.	
	Supérieure.	Inférieure.	Supérieure.	Inférieure.
Mercure . . .	0,231 718 5	0,121 494 3	9° 10′ 41″.	4° 44′ 27″
Vénus	0,070 632 9	0	3 10 10	?
La Terre. . .	0,069 598 0	0	3 0	0 0 0
Mars	0,139 666	0,018 475	5 56	?
Jupiter. . . .	0,060 827 4	0,025 402 8	0 28 56	0 14 23
Saturne . . .	0,084 328 0	0,012 371 0	1 0 30	0 47 16
Uranus. . . .	0,077 965 2	0,011 757 6	1 7 10	0 54 25
Neptune. . .	0,014 506 6	0,006 572 9	0 47 21	0 33 43

Voici de plus, d'après le même calculateur, le moyen mouvement annuel du périhélie et du nœud pour les quatre grandes planètes supérieures :

PLANÈTES.	Mouvement moyen en 365 ¼ jrs sur le plan invariable du système planétaire.	
	Du périhélie.	Du nœud.
Jupiter. . . .	+ 3,716 607	− 25,934 567
Saturne . . .	+ 22,460 848	− 25,934 567
Uranus. . . .	+ 3,716 607	− 2,916 082
Neptune. . .	+ 0,616 966	− 0,661 666

Le travail cité en dernier lieu fait connaître plusieurs relations remarquables, surtout en ce qui concerne les grandes planètes.

Ainsi les périhélies de Jupiter et d'Uranus sont toujours à peu près de côtés opposés du Soleil, tournant d'une vitesse moyenne commune, autour de cet astre, en 3487 siècles environ. Les plans des orbites de Jupiter et de Saturne sont toujours relevés des deux côtés du plan invariable, en sens opposés, comme les deux ailes dressées d'un oiseau, et leur ligne d'intersection exécute une révolution en 500 siècles à peu près. Les excentricités de Saturne et d'Uranus varient en sens inverse, l'une des orbites s'allongeant quand l'autre s'arrondit, et réciproquement, dans une *période* de 601 siècles. On trouvera dans le mémoire indiqué d'autres relations analogues.

§ 158. PLAN INVARIABLE.

On a vu au § 114, dernière partie, p. 274, que l'existence d'un plan qui, au milieu des corps du système reste toujours parallèle à lui-même, a été *signalée par Laplace* (Paris, JEP, II, 1798, 155). Ce géomètre avait déjà mentionné ce fait, sans l'établir mathématiquement, dans la 1re édition de son Exposition du système du monde (liv. iv, ch. 5), qui avait paru deux ans auparavant.

On a fait plusieurs déterminations numériques des éléments de ce plan.

Éléments attribués au plan invariable du système planétaire.

1802. Laplace (TMc, liv. vi, ch. xvij, n° 46; t. III), sur l'écliptique fixe de 1750.

Longitude du nœud ascendant . . .	102° 57′ 30″
Inclinaison	1 35 31

1834. De Pontécoulant (Théorie analytique du système du monde, 4 vol. 8°, Paris; t. III, p. 529), sur l'écliptique fixe de 1800.

Longitude du nœud ascendant . . .	103° 8′ 43″
Inclinaison	1 34 16

1973. Stockwell (Smithsonian contributions to knowledge, 4°, Washington; vol. XVIII, p. 166), sur l'écliptique fixe de 1850.

Longitude du nœud ascendant . . .	100° 14′ 6″,00
Inclinaison	1 35 19,376

Ce dernier calcul a été fait avec les meilleures valeurs, déterminées récemment, des masses des planètes, et en tenant compte de l'action de Neptune qui était inconnu à *Laplace* et à *Pontécoulant*.

§ 159. TRANSPORT DU SYSTÈME SOLAIRE.

Le premier astronome qui exprima l'idée d'un transport du système solaire dans l'espace, fut *Lambert* (Cosmologische Briefen, 8°, Augsburg, 1761, p. 171 et 210; et dans la trad. franç., 8°, Amsterdam, 1801, p. 180 et 217). Il concevait que les mouvements propres des étoiles étaient dus à deux causes combinées, le déplacement effectif de ces astres, et le transport du Soleil et de son cortége de planètes dans l'espace.

Le premier essai de déterminer la direction de ce mouvement fut fait par

1974. Prevost, P. Mémoire sur le mouvement progressif du centre de gravité de tout le système solaire. Berlin, Mem$_1$, 1781, 418.

Le transport du système ne prit cependant une certaine place dans la science, qu'après la publication du mémoire :

1975. Herschel, W. On the proper motion of the Sun and solar system, with an account of several changes that have happened among the fixed stars since the time of Flamstead. London, PTr, 1783, 247.

Depuis cette époque, de nombreux travaux ont été exécutés sur ce sujet.

Des formules propres à calculer, d'après les mouvements propres des étoiles, le point du ciel vers lequel le système solaire se dirige, se trouvent dans :

1976. Klügel, G. S. Trigonometrische Formeln zu der Untersuchung über die Fortrückung der Sonne und der Sterne. BaJ, 1789, 214.

1977. Argelander, F. W. A. Ueber die eigene Bewegung des Sonnensystems. Mémoires présentés à l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg par divers savants, 4°, Saint-Pétersbourg; vol. III, 1837, p. 561.

Les résultats des différents calculs entrepris sur le mouvement propre du Soleil, sont réunis ci-dessous.

Coordonnées attribuées au point du ciel vers lequel se meut le système solaire.

	Ascension droite.	Déclinaison.	Mouvement annuel du Soleil, vu de la distance d'une étoile de 1re grandeur.
1781. P. Prevost, par les mouvements propres des étoiles du catalogue de *Tob. Mayer* (Berlin, Mem$_1$, 1781, 445).	230°	+ 25°	»
1783. W. Herschel, par 27 mouvements propres de *Lalande* (London, PTr, 1783, 247).	260° 34′,5	+ 26° 17′	»
1786. Klügel, par 10 étoiles brillantes (BaJ, 1789, 222).	260°	+ 22°	»
1802. P. Prevost et F. Maurice, par les mouvements propres de 39 étoiles brillantes mesurés entre 1756 et 1797 (BaJ, 1805, 115).	230°	+ 27°	»
1805. W. Herschel, par les mouvements propres des primaires (London, PTr, 1805, 233; 1806, 205).	245° 52′,5	+ 49° 38′	0″,15
1821. Olbers, par les mouvements propres de 82 étoiles (*Olbers & Bessel*, Briefwechsel herausgegeben von *A. Erman*, 2 vol. 8°, Leipzig, 1852; vol. II, p. 221).	260° 23′	+ 66° 40′	»
1839. Argelander, par 392 étoiles (ANn, XVI, 45). Équin. 1792,5.	259° 47′,6	+ 32° 29′,5	»
1840. Lundahl, par 147 étoiles (ANn, XVII, 210). Équin. 1792,5.	252° 24′,4	+ 14° 26′,1	»
1840. Argelander, en réunissant les étoiles de Lundahl aux siennes (ANn, ibid). Équin. 1792,5.	257° 49′,7	+ 28° 49′,7	»

	Ascension droite.	Déclinaison.	Mouvement annuel du Soleil, vu de la distance d'une étoile de 1re grandeur.

1842. O. Struve, par les 392 étoiles d'Argelander, en tenant compte du mouvement propre du Soleil (St-Pétersbourg, Mém$_6$, III, 17). Équin. 1792,5.

261°23',1 + 37°35',7 0",339

1847. Galloway, par 78 étoiles australes (London, PTr, 1847, 79). Équin. 1790.

260° 0',6 + 34°23',4 »

1852. Plana, en refaisant les calculs de Galloway et ajoutant 5 étoiles australes (ANa, XXXIV, 305). Équin. 1792,5.

260°16',0 + 30°53',7 »

1856. Madler, par 2163 étoiles (Dorpat, Bee, XIV, 227). Équin. 1800,0.

261°38',8 + 39°53',9 »

1860. Airy, par 113 étoiles à forts mouvements propres, en tenant compte du mouvement du Soleil et en supposant des mouvements réels aux étoiles (London, MAS, XXVIII, 161). Équin. 1840,0.

261°29' + 24°44' 1",912

1864. Dunkin, par 1167 étoiles, dans les mêmes hypothèses que Airy (London, MAS, XXXII, 50). Équin. 1846,0.

263°44',9 + 25° 0',5 0",410 5

1877. L. de Ball, par 80 étoiles australes d'au moins 0",1 de mouvement propre annuel (*L. de Ball*, Untersuchungen über die eigene Bewegung des Sonnensystems, 4°, Bonn; p. 26).

260°23' + 23°11' »

L'idée d'une circulation du Soleil autour d'un corps central a été émise pour la première fois par

1978. Biedenburg, J. D. Versuch von Bau der Welt aus den Observationen; 4°, Bremen, 1750.

Elle a été reprise par

1979. Mädler, J. H. Die Centralsonne; 4°, Dorpat, 1846. — Reproduit : ANa, XXIV, 1846, 213.

Amené par diverses considérations à regarder les Pléiades, et en particulier η Tauri, comme le centre autour duquel circule le Soleil, cet astronome déduit des mouvements propres des étoiles de ce groupe, les éléments suivants de l'orbite solaire (loc. cit., p. 46; reprod. dans ANa, XXIV, 240) :

Longitude du nœud ascendant . . . 236°58' Équin. 1840,0
Inclinaison 84 0

Maxwell *Hall* est induit à croire que le Soleil et un certain nombre d'étoiles décrivent des orbites à peu près circulaires autour d'un centre, qu'il place par les mouvements propres de α Centauri et 61 Cygni, sous

Ascension droite. . . . . 9°15'
Déclinaison. . . . . + 20°32'

La vitesse angulaire annuelle du Soleil autour de ce centre serait 0",066 12, et par conséquent la durée de la révolution vingt millions d'années (London, MAS, XLIII, 1877, 153, 196).

CHAPITRE VIII.

LE SOLEIL.

Les divers noms du Soleil, dans un grand nombre de langues d'Amérique et d'Asie, ont été rassemblés par *A. de Humboldt*, dans son Voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Continent, 12 vol. 8° et atlas 4°, Paris; t. VII, 1826, note A à la fin du liv. VII, p. 361.

§ 160. DIAMÈTRE ANGULAIRE.

La plus ancienne mention que l'on connaisse d'une mesure du diamètre angulaire du Soleil, est celle que les Égyptiens paraissent avoir exécutée, vers le — Ve siècle (?). Recevant l'ombre, au temps du lever de l'astre, sur un plan apparemment peu incliné à l'horizon, ils avaient, dit-on, mesuré la décroissance de cette ombre entre le lever du premier bord et celui du second bord (*Cleomedes*, Cyclica theoria meteoron [G], lib. II, cap. 75).

Des méthodes variées ont été employées par les astronomes de différents temps, pour mesurer le diamètre angulaire du Soleil. Parmi ces méthodes, on remarque les suivantes :

L'interposition d'un écran qui couvre exactement le disque à son lever (*Archimedes*, De numero arenae [G]; dans l'édition des Opera de *Wallis*, t. III, 1699, p. 519).

L'emploi des dioptres, par *Hipparque* et par *Ptolémée* (Ptolemaeus, MCo, lib. V, cap. 14).

Le temps que l'astre met à se lever ou à se coucher (*Cleomedes*, Cyclica theoria meteoron [G], lib. II; *Proclus*, Hypotyposes astronomicae [G], cap. 3, et dans l'édit. de *Halma* [voir n°s 491 et 469], p. 107).

L'emploi du « radius astronomicus » (*Monteregio*, de [*Regiomontanus*], De cometae magnitudine, 4°, Norimbergae, 1544; probl. XIIJ).

La projection des rayons passant par le trou d'un gnomon (Brahaeus, AIP, 1602, 671; reproduit : Brahe, Opa, 1648, 290).

Les hauteurs des deux bords aux armilles, par *T. Brahé* (*Keplerus*, Ad Vitellionem paralipomena, 4°, Francofurti, 1604, cap. XI, p. 342; reproduit : Keplerus, Opa, II, 1859, 345).

On arrivait ainsi aux mesures à l'aide des instruments divisés. La première mesure micrométrique du diamètre du Soleil est due à *Huygens*, et remonte à 1659 (*Hugenius*, Systema saturnium, dans ses Opera varia, t. II, 1724, p. 592).

Le nombre des déterminations qui ont été faites du diamètre apparent du Soleil est considérable. La question se rattachant à ces mesures, qui présente aujourd'hui le plus d'intérêt, est de savoir si ce diamètre éprouve des variations. Nous y reviendrons tout à l'heure. Nous allons donner d'abord les évaluations du demi-diamètre angulaire de l'astre, correspondant à la distance moyenne.

Valeurs attribuées au demi-diamètre apparent du Soleil.

−270 $\mp$	ARISTARQUE de Samos. (Cité par *Archimedes*, De numero arenae [G]; édit. dans les Opera de *Wallis*, t. III, 1699, p. 517) . . .	900″
−240 $\mp$	ARCHIMÈDES, par les dimensions d'un écran qui couvrait le disque à l'horizon. (*Archimedes*, De numero arenae [G]; édit. dans les Opera de *Wallis*, t. III, 1699, p. 519.)	898,75
− 50 $\mp$	SOSIGÈNES. (*Proclus*, Hypotyposes astronomicae [G])	900
+138.	PTOLÉMÉE. (Ptolemaeus, MCo, lib. V, cap. 14)	940
860 $\mp$	ALFRAGAN. (*Alfraganus*, Elementa astronomica [A], diff. XXII). .	969
920 $\mp$	ALBATEGNI. (*Albategnius*, De motu stellarum [A], cap. 30, 41).	974
1100 $\mp$	LES HINDOUX. (*Burgess*, Translation of the Sûrya-siddhânta, 8°, New Haven, 1860; ch. IV, p. 127)	972,4
1252.	ALPHONSUS. (Coelestium motuum tabulae, 4°, Venetiis, 1483; canon XVIII)	975
1450 $\mp$	PURBACH. (*Purbachius*, Tabulae eclypsium, fol., Viennae, 1514).	973,5
1470 $\mp$	REGIOMONTANUS. (DE MONTE-REGIO, Epytoma in Almagestum Ptolemei, fol., Venetiis, 1496; prop. XXI.)	973,5
1543.	COPERNIC. (Copernicus, Rev, lib. IV, cap. 18-20.).	982
1543.	MAUROLICO. (*Maurolycus*, Cosmographia, 4°, Venetiis.).	974
1551.	REINHOLD. (*Reinholdus*, Prutenicae tabulae, 4°, Tubingae; praecept. XLIX.).	978
1561.	SANTUCCI. (Problemata astronomica, fol., Basileae, 1561; de observationibus, prop. 14 et 25).	960

1570. Clavius. (Commentarius in sphaeram Joannis a Sacro-Bosco, 4°, Romae.) 978,5

1577. Maestlin, par le nombre de coups qui bat son horloge à volant, pendant que le disque passe devant le fil méridien. (*Maestlinus*, Disputatio de eclipsibus Solis et Lunae, 4°, Tubingae, 1596. — Comparez *Gehler's* Physikalisches Wörterbuch neu bearbeitet, t. IX, Abth. II, 1839, p. 1112.) 966,5

1588. Magini (*Maginus*, Tabulae secundorum mobilium coelestium, 4°, Venetiis; canon LXVIII.) 968

1602. T. Brahé, par un tuyau de 10m de longueur. (Brahaeus, AlP, 467, 471, 485; reproduit : Brahe, Opa, 1648, 295, 296, 304.) 930

1611. N. Muller. (*Mulerius*, Tabulae frisicae lunae-solares, 4°, Alcmariae, 1611; p. 420.) 930

1620. Biancani. (*Blancanus*, Sphaera mundi, 4°, Bononiae; lib. X, cap. 5). 930

1622. Képler. (Keplerus, Epi, lib. VI, part. V, cap. 7. — Reproduit : Keplerus, Opa, VI, 1866, 498) 916,5

1622. Longomontanus. (Astronomia danica, fol., Amsterodami; Theor., lib. I, cap. 9, p. 299.) 962

1631. P. Lansberg. (*Lansbergius*, Uranometria, 4°, Middelburgi. Dans ses Opera, fol., Middelburgi, 1663 : Uranometria, p. 49; tabulae, p. 37; thesaurus observationum, p. 100-103.) 1041

1632. Galilée. (*Galilei*, Dialogo... sopra i due sistemi massimi, 4°, Fiorenza; part. III. — Reproduit : Galilei, Ope, I, 1842, 391.) 900

1644. Wendelin. (*Wendelinus*, Luminarcani, 4°, Antuerpiae; tabulae atlanticae idea, p. 29.) 900

1644. Hérigone. (*Herigonius*, Cursus mathematicus, 6 vol. 8°, Parisiis; t. V.) 915

1644. Mut. (*Mutus*, Tractatus de Sole alphonsino, 4°, Majoricae). 962

1645. Boulliau. (Bullialdus, Aph, lib. IV, cap. 2) 976

1645. Kircher. (*Kircherus*, Ars magna lucis et umbrae, fol., Romae; lib. IX, p. 561.) 927

1645. Rheita. (*Schyrlaeus de Rheita*, Oculus Enoch et Eliae, fol., Antuerpiae; part. I.). 1040,5

1647. Gassendi. (*Gassendus*, Institutio astronomica, 8°, Parisiis; lib. II, cap. 9. — Reproduit : Gassendus, Opa, IV) 919

1651. F. M. Grimaldi. (Riccioius, Alm, I, 119) 984,5

1651. Van Langren. (Riccioius, Alm, I, 119, d'après une communication manuscrite.) 900

1656. J. D. Cassini, au gnomon de St. Pétrone à Bologne. (Specimen observationum bononiensium, fol., Bononiae; p. 31.) 947

1659. Huygens, première détermination au micromètre. (*Hugenius*, Systema saturnium, 4°, Hagae; et dans ses Opera varia, vol. II, 1724, p. 592.) 915

1660 ∓ Fournerius. (Cité Riccioius, Ara, 1665, 53.) 919

1661. Mouton. (Observationes diametrorum Solis et Lunae, 4°, Lugduni, 1670. — Comparez Paris, H & M, 1752, 441; 1760, 121) 960,9

1665. Riccioli, par le gnomon de St. Pétrone à Bologne. (Riccioius, Ara, 53.). 946

1666. Auzout et Picard, par des mesures micrométriques. (Paris, His, VII, 1751, 113; Le Monnier, His, 1741, 10.) 963,5

1673. Flamsteed, au micromètre. (*Horroccius*, Opera posthuma, 4°, Londini, 1673; p. 490.) 966,5

1679. Hevel. (*Hevelius*, Machina coelestis, 2 vol. fol., Gedani; vol. II, lib. II, p. 48) 957

1684. J. D. Cassini, au micromètre. (Paris, ROb, 1693, 43.). 969

1687. Lahire. (Tabulae astronomicae, 2 part. 4°, Parisiis; part. I.) 963,5

1718. De l'Isle. (Paris, H & M, 1755, 160.). 960,7

1719. Halley, au micromètre. (*Halleius*, Tabulae astronomicae, 4°, Londini, 1749) 965,25

1724. De Louville. (Paris, H & M, 1724, 65) 962,6

1740. J. Cassini. (Cassini, Elm, 127.). 962,5

1740. Le Monnier, par des mesures micrométriques du diamètre vertical. (Paris, H & M, 1748, 389.). 963,6

1750. Bradley, communiqué dans une lettre à *De l'Isle*. (Paris, H & M, 1752, 440.) 960,25

1752. Lemonnier. (Paris, H & M, 1752, 459.) 963

1754. La Caille. (Paris, H & M, 1754, 46.). 963,4

1760. Lalande, à l'héliomètre. (Paris, H & M, 1760, 48.). 961,58

1761. Short, au micromètre. (Lalande, Ast₂, II, n° 1537; As 3, II, p. 415; d'après une communication manuscrite.) . . . . 960"

1766. Maskelyne, avec une lunette de 2m,4. (Maskelyne, Obs, I, 1776, 56; comparez I, 56; II, 119; III, 18.) 960

1767. T. Mayer. (Theoria Lunae, 4°, Londini, p. xxvj.) 963,1

1771. Lalande, par le passage de Vénus de 1769. (Lalande, Ast₂, II, n° 2159.) 958,0

1769. Williamson, par 6 mesures micrométriques. (Transactions of the American philosophical Society held at Philadelphia, 4°, Philadelphia; vol. I, réimpres. de 1789, p. 50.) 960,3

1769. B. West, par des mesures lors du passage de Vénus. (Transactions of the American philosophical Society held at Philadelphia, 4°, Philadelphia; vol. I, réimpres. de 1789, p. 96.) 964,3

1793. Von Zach, à l'héliomètre. (Bel, 1795, 94) 963,9

1792. Piazzi. (Cité par *Rosa*, Studii interno ai diametri solari, 4°, Roma, 1874; p. 95.) 958,4

1801. Quenot, par un millier d'observations au cercle à réflexion. (CdT, an xii, 416.) 960,15

1805. A. Bouvard, moyenne de trois années d'observations. (MCz, XIX, 1809, 544.) 963,15

1805. Piazzi, par les hauteurs méridiennes. (Del reale Osservatorio di Palermo, fol., Palermo; lib. vi, p. 65.) 961,223

1806 (?) Delambre, par les observations de *Maskelyne*. (Cité *Gehler's* Physikalisches Wörterbuch neu bearbeitet, vol. VIII, 1836, p. 815.) . . . . horizontal. 960,645
vertical. 963,796

1807. J. J. Littrow, par 252 observations à Cracovie. (Bel, 1812, 132.) 960,99

1807. Von Zach, par de nouvelles mesures. (MCz, XVI, 194). 961,165

1808. Von Lindenau, par les observations de *Bradley* et de *Maskelyne*, de 1750 à 1786. (MCz, XIX, 541.) . . . . horizontal. 960,30
vertical. 962,97

1810. Von Lindenau, par plus de deux mille observations de passages, et plus de deux mille observations de hauteurs, à Greenwich, de 1765 à 1786. (MCz, XXI, 451.) . . . . horizontal. 960,55
vertical. 962,91

1814. Delambre, résultat d'une dernière discussion. (Delambre, Ast, II, 620.) 961,70

1818. De Cesaris, par les observations au mural de Milan, de 1791 à 1812. (EfM, 1819, 5.) 962,02

1823. Wurm, par l'éclipse du 7 déc. 1820. (Bel, 1823, 162.) 958,05

1824. Laplace. (Exposition du système du monde, 5e éd., 2 vol. 4°, Paris; vol. I, liv. I, ch. 2.) 961,63

1824. F. Struve, par les observations méridiennes de Dorpat jusqu'à la fin de 1823. (Bel, 1827, 211.) . . . . horizontal. 960,90
vertical. 960,37

1830. Bessel, par 1098 passages de Soleil à Königsberg, de 1820 à 1828. (Bessel, Tab, *l*) 960,90

1831. Bianchi, par des passages et par des hauteurs. (ANn, IX, 1831, 370.) 963,752

1832. Carlini, dans ses tables du Soleil. (EfM, 1833, 81.) 961,65

1835. Bessel, par des mesures micrométriques. (ANn, X, 190.) 959,879

1835. Encke, par le passage de Vénus de 1769. (Berlin, Abh, 1835, Math, 295. — Comparez : *Encke*, Der Venusdurchgang von 1769, 8°, Gotha, 1824; p. 95.) 958,42

1836. T. G. Taylor, par 2798 passages à Madras. (*Taylor*, Results of astronomical observations made at the Observatory at Madras, 4°, Madras; vol. IV.) 961,83

1843. Le Verrier, par les passages de Mercure. (JdM₁, VIII, 356.) . . . 960,01

1852. F. Struve, par 241 passages à Dorpat, de 1822 à 1838, et par 219 hauteurs ibid. (*F. Struve*, Positiones mediae, fol., Petropoli; p. xxxiij.) 960,66

1853. Goujon, par 1575 passages à l'Observatoire de Paris de 1835 à 1848. (Paris, Crb, XXXVI, 255.) 962,01

1853. Hansen & Olufsen. (Tables du Soleil, 4°, Copenhague; p. 165.) . . 961,19

1855. Airy, par les observations de passages. (Greenwich, Obs, 1855, lxxviij.) 961,82

1858. Le Verrier, par 200 passages méridiens de *Bradley* de 1750 à 1758. (Paris, MOb, IV, 64.) 961,64

1858. Le Verrier, par les passages méridiens de Greenwich de 1836 à 1850. (Paris, MOb, IV, 68.) 961,71

1858. Le Verrier, par les observations de *Maskelyne* de 1800 à 1810. (Ibid.) . . . . horizontal. 961",06
vertical. 963,21

1862. Airy, par les observations méridiennes de Greenwich de 1836 à 1850. (London, MNt, XXII, 85.) . . . . horizontal. 961,84
vertical. 961,79

1862. Airy, par les observations méridiennes de Greenwich de 1851 à 1860. (Ibid.) . . . . horizontal. 961,38
vertical. 961,33

1871. Powalky, en discutant les passages de Vénus de 1761 et de 1769. (ANn, LXXVII, 271.) 959,84

1875. Mazzola, par 75 passages méridiens de Turin, corrigés pour les agrandissements factices. (Torino, Att, VIII, 587.) 958,65

1875. Fuss, par 6827 observations de Greenwich de 1836 à 1855, faites avec trois instruments, et ne donnent qu'une ellipticité insensible du disque. (ANn, LXXXV, 1875, 330.). 961,495

1880. Respighi, par 115 passages de 1878 et 1879. (Roma, Mem, VIII, 595 et 598.) . . . . horizontal. 961,15

1881. Holden, par 1863 passages et 1826 hauteurs de Greenwich et de Washington. (Smithsonian miscellaneous collections, 8°, Washington; vol. XX, app. I.) . . . . horizontal. 961,254
vertical. 961,262

Piazzi croyait avoir des raisons de penser que le diamètre horizontal du Soleil surpasse un peu le diamètre vertical (Del reale Osservatorio di Palermo, fol., Palermo; lib. VI, 1806, p. 64). Mais on a vu, par les résultats qui viennent d'être rapportés, que les observations, en se perfectionnant, ont ramené les signes d'ellipticité dans les limites des erreurs des mesures. Voyez à ce sujet :

1980. Airy, G. B. On the circularity of the Sun's disk. London, MNt, XXII, 1862, 79.

On a agité, dans ces derniers temps, la question de savoir si le diamètre du Soleil est invariable.

Von Lindenau, en discutant les observations de *Maskelyne* à Greenwich, avait soupçonné une période semi-annuelle, les maxima tombant en mars-avril et septembre-octobre, et les minima en juin-juillet et décembre-janvier. (MCz, XXIII, 1811, 134.)

Le même astronome avait aussi groupé les observations de *Maskelyne*, d'après leurs dates, et trouvait ainsi des valeurs progressivement décroissantes (MCz, XXIII, 1811, 135) :

En 1765-1776.	961",96
» 1776-1787.	960,22
» 1787-1798.	959,77

Rosa a repris la question, plus récemment, et il a cherché à montrer, par la comparaison de différentes mesures, que le diamètre du Soleil n'est pas invariable. Ses recherches sont exposées en détail dans son ouvrage :

1981. Rosa, P. Studii intorno ai diametri solari; 4°, Roma, 1874.

Mais l'opinion contraire a été soutenue par

1982. Auwers, A. Ueber eine angebliche Veränderlichkeit des Sonnendurchmessers. Berlin, Mbr, 1873, 302.

Sur le diamètre du Soleil observé au spectroscope, on verra :

1983. Secchi, A. Sul diametro del Sole osservato allo spettroscopio. Bullettino meteorologico dell' Osservatorio del Collegio Romano, 4°, Roma; vol. XV, 1876, p. 17.

Et

1984. Tacchini, P. Diametro solare spettroscopico e ordinario.

Dans son ouvrage : Il passagio di Venere sul Sole, 8°, Palermo, 1878; p. 88.

§ 161. PARALLAXE.

Les anciens ne disposaient pas de moyens assez délicats pour déterminer une quantité angulaire aussi petite que la parallaxe du Soleil. Leurs mesures ne donnaient pour ainsi dire que les limites des erreurs de leurs observations. On voit, en effet, dans le tableau suivant, la parallaxe diminuer, à mesure du perfectionnement des instruments. Bien que les mesures anciennes aient été par le fait purement illusoires, il nous a paru de quelque intérêt de les conserver, précisément pour montrer les limites d'exactitude des méthodes et des instruments en différents temps.

Valeurs attribuées à la parallaxe horizontale équatoriale du Soleil.

—270 ∓	ARISTARQUE de Samos, par l'élongation de la Lune au moment de la dichotomie. (*Aristarchus*, De magnitudinibus et distantiis Solis et Lunae [G]; reprod. : *Wallis*, Opera mathematica, t. III, p. 569.). . . . . Au plus	180″
—180 ∓	HIPPARQUE, par les dimensions du cône d'ombre de la Terre dans les éclipses de Lune. (*Theon*, Commentarii in Ptolemaei compositionem [G]; lib. v, cap. 11.)	115 à 140
— 20 ∓	POSIDONIUS. (*Plinius*, Historia naturalis [L], lib. II, cap. 23. — Comparez : Ptolemaeus, HCo, lib. III, cap. 4; lib. v, cap. 15.).	105
136.	PTOLÉMÉE, par l'ombre de la Terre. (Ptolemaeus, HCo, lib. v, cap. 17.)	170
900 ∓	ALFRAGAN. (*Alfraganus*, Rudimenta astronomiae [A]; dis. 21.) .	141
920 ∓	ALBATEGNI, par l'ombre de la Terre. (*Albategnius*, De motu stellarum [A]; cap. 30.)	157
1160 ∓	LES HINDOUX. (*Burgess*, Translation of the Sùrya-Siddhânta, 8°, New Haven, 1860; ch. IV, p. 127.)	240
1470 ∓	REGIOMONTANUS. (*De Monte Regio*, Epytoma in Almagestum Ptolemaei, fol., Venetiis; lib. v.)	180
1528.	FERNEL. (Cosmotheoria, fol., Parisiis; lib. I, cap. 7.)	160
1543.	MAUROLICO. (*Maurolycus*, Cosmographia, 4°, Venetiis; in fine.). .	177
1543.	COPERNIC, par l'ombre de la Terre. (Copernicus, Rev, lib. IV, cap. 19.)	175
1561.	NEANDER. (Elementa doctrinae sphericae, 8°, Basileae; p. 124.). .	176
1570.	CLAVIUS. (Commentarius in sphaeram Joannis a Sacro-Bosco; édit. 4°, Romae, 1606, p. 215.)	177
1570.	BAROZZI. (*Barocius*, Cosmographia, 4°, Venetiis; lib. I.)	177
1570.	OFFUSIUS. (De divina astrorum facultate, 4°, Parisiis.).	179
1596.	MAESTLIN. (*Keplerus*, Prodromus dissertationum cosmographicarum, 4°, Tubingae; append. — Réimp., fol., Francofurti, 1621.) . .	176
1598.	MAGINI. (*Maginus*, lib. I, cap. 3; lib. II, cap. 24.)	180
1602.	T. BRAHÉ, par l'ombre de la Terre. (Brahaeus, AIP, 415; Brahae, Opa, 1648, 278.)	180

1620.	KÉPLER, par la parallaxe diurne de Mars. (Keplerus, Epi, lib. IV, part. I, n° IV. — Reproduit : Keplerus, Opa, VI, 1866, 326.)	60″
1620.	BIANCANI. (*Blancanus*, Sphaera mundi, 4°, Bononiae; lib. x, cap. 1.)	180
1622.	LONGOMONTANUS, par l'ombre de la Terre. (Astronomia danica, fol., Amsterodami; theoric., lib. I, cap. 9.)	160
1632.	GALILÉE. (*Galilei*, Dialogo sopra i due sistemi massimi, 4°, Fiorenze; part. III. — Reproduit : Galilei, Ope, I, 1842, 391.)	171
1632.	LANSBERG. (*Lansbergius*, Uranometria, 4°, Middelburgi; proleg. et element., lib. II, cap. 11.)	138
1642.	BETTINI. (*Bettinus*, Apiaria universae philosophiae mathematicae, 2 vol. fol., Bononiae; t. II, apiar. x, progymn. 1.)	180
1644.	MUT. (*Mutus*, Tractatus de Sole alphonsino restituto, 4°, Majoricae; n° 30.)	143
1644.	WENDELIN. (*Wendelinus*, Luminarcani, 4°, Antuerpiae; tabulae atlanticae idea.)	14
1645.	BOULLIAU, par l'ombre de la Terre. (Bullialdus, Aph, lib. IV, cap. 1, et Tabul., p. 11.)	141
1645.	RHEITA. (*Schyrlaeus de Rheita*, Oculus Enoch et Eliae, fol., Antuerpiae; lib. IV.)	104
1646.	KIRCHER. (Ars magna lucis et umbrae, fol., Romae; lib. IX, prob. 9.)	106
1650 ∓	VAN LANGREN. (Riccioius, Alm, I, 1651, 119.).	80
1651.	RICCIOLI, par la dichotomie lunaire. (Riccioius, Alm, I, 109, 734.).	28
1672.	FLAMSTEED, par la parallaxe diurne de Mars. (London, PTr, 1672, 5118 et 6100.)	10
1672.	J. D. CASSINI, par la parallaxe diurne de Mars. (Paris, ROb, 1693; observ. de 1671, p. 11. — Comparez : Paris, His, VIII, 1751, 107.)	10,2
1672.	J. D. CASSINI, par les hauteurs de Mars à Cayenne et à Paris. (Paris, ROb, 1693; les élém. de l'astron, p. 54. — Comparez : Paris, His, VIII, 1754, 114.).	9,5
1679.	HALLEY, par la parallaxe diurne de Mercure. (*Halleius*, Catalogus stellarum australium, 4°, Londini; appendicula.).	45
1679.	HALLEY, par le passage de Mercure de 1677. (Ibid.).	25
1681.	J. D. CASSINI & PICARD, par le passage de Vénus de cette année. (Paris, His, I, 1733, 331.)	10,7

1687. Lahire, par la parallaxe diurne de Mars. (*Lahire*, Tabulae astronomicae, part. I, 4°, Parisiis; p. 6.). . . . . 6″

1719. Pound & Bradley, par la parallaxe diurne de Mars, avec une lunette de 4°,5 (London, PTr, 1719, 1111; 1726, 114. — Comparez : *Bradley*, Miscellaneous works and correspondence, 4°, Oxford, 1832; p. 355). 10,5

1722. J. P. Maraldi, par la parallaxe diurne de Mars, en 1704 et en 1719. (Paris, H & M, 1706, 74; 1722, 216.) 10

1729. Machin, par le mouvement du nœud de la Lune. (*Machin*, The laws of the Moons motion according to gravity, p. 22; imprimé à la suite de la traduction anglaise de *Motte* des Principia de *Newton*, 2 vol. 8°, London [voir sous notre n° 1593, § 111.]) 8

1736. J. Cassini, par la parallaxe diurne de Mars, comparé à μ Piscium. (Paris, H & M, 1739, 219.) 13

1746. Le Monnier. (Le Monnier, Ins, ch. 10.) 15

1751. La Caille, par les hauteurs de Mars au Cap de Bonne-Espérance et en Europe. (Éphémérides des mouvements célestes, 4°, Paris; t. VI, pour les années 1765-1774, introd., p. 1.). 10,2

1751. La Caille, par les hauteurs de Vénus au Cap de Bonne-Espérance et en Europe. (Ibid.) 10,25

1751. Bradley, par les hauteurs de Mars au Cap de Bonne-Espérance et à Greenwich. (Paris, H & M, 1752, 455.) 10,5

1751. Garipuy, par les hauteurs de Mars au Cap de Bonne-Espérance et à Toulouse. (Histoire et mémoires de l'Académie de Toulouse, 4°, Toulouse; t. I, 1782, p. 289.). 8,5

1753. T. Mayer, par l'équation parallactique de la Lune. (*Mayer, T.*, Theoria Lunae juxta systema newtonianum; 4°, Londini, 1767.) 8

1763. Hornsby, par le passage de Vénus de 1761. (London, PTr, 1763, 494.) 9,75

1763. Short, par le passage de Vénus de 1761. (London, PTr, 1763, 340; comparez : 1763, 1.) 8,56

1763. M. Stewart, par l'équation parallactique de la Lune. (*M. Stewart*, The distance of the Sun from the Earth determined by the theory of gravity, 8°, Edinburgh; p. 67.) 6,9

1763. Pingré, par le passage de Vénus de 1761. (Paris, H & M, 1763, 52.). 10,10

1765. Audiffredi, par le passage de Vénus de 1761. (*** Investigatio parallaxis Solis, 4°, Romae.). . . . . 9″,25

1768. Planman, par le passage de Vénus de 1761. (London, PTr, 1768, 127.) 8,49

1770. L. Euler, par le passage de Vénus de 1769. (Petropolis, NCi, XIV, II, 1770, 515.) 8,82

1771. Hornsby, par le passage de Vénus de 1769. (London, PTr, 1771, 579.) 8,78

1771. J. J. de Lalande, par le passage de Vénus de 1769. (Paris, H & M, 1771, 798.) 8,62

1771. Williamson, par le passage de Vénus de 1769. (Transactions of the American philosophical society held at Philadelphia, 4°, Philadelphia; vol. I, réimpr. 1789, p. 71.) 8,63

1772. Pingré, par le passage de Vénus de 1769. (Paris, H & M, 1772, 419.) 8,80

1772. Planman, par le passage de Vénus de 1769. (Stockholm, Hdl₁, 1772, 185, 355. — En allemand : Hdl₁′, 1772, 179, 355.) 8,43

1773. Lexell, par le passage de Vénus de 1769. (Petropolis, NCi, XVII, 609.) 8,63

1773. Hell, par le passage de Vénus de 1769. (*Hell*, De parallaxi Solis ex observationibus transitus Veneris anni 1769; 8°, Viennae, 1773.). 8,70

1781. Dusejour, par le passage de Vénus de 1769. (Paris, H & M, 1781, 559. — Reprod. : Dusejour, TaM, I, 1786, 486.) 8,84

1783. Dusejour, par les hauteurs de Mars de *La Caille* au Cap, comparées à celles d'Europe. (Paris, H & M, 1783, 289. — Reprod. : Dusejour, TaM, I, 568.) 9,475

1784. Wallot, par le passage de Vénus de 1769. (London, PTr, 1784, 323.) 8,7

1802. Laplace, par l'équation parallactique de la Lune. (CdT, an XII [1804], 496.) 8,56

1814. Delambre, par le passage de Vénus de 1769. (Delambre, Ast, III, 506 et I, xliv.) 8,552 5

1822. Encke, par le passage de Vénus de 1761. (*Encke*, Die Entfernung der Sonne von der Erde, 8°, Gotha.) 8,531

1824. ENCKE, par le passage de Vénus de 1769. (*Encke*, Der Venusdurchgang von 1769, 8°, Gotha.) 8,577 6

1826. BÜRG, par l'équation parallactique de la Lune. (ANn, IV, 24.) . . . 8,620

1832. PLANA, par l'équation parallactique de la Lune. (*Plana*, Théorie du mouvement de la Lune, 3 vol. 4°, Turin; t. III, p. 15.). . . . 8,029

1833. FERRER, par le passage de Vénus de 1769. (London, MAS, V, 255) . 8,60

1835. ENCKE, par les passages de Vénus de 1761 et de 1769 réunis. (Berlin, Abh, 1835, Math, 309.) 8,571

1835. HENDERSON, en comparant ses observations de Mars du Cap de Bonne-Espérance à celles d'Europe. (London, MAS, VIII, 105.). . . . 9,028

1854. T. G. TAYLOR, par les observations de Mars à Madras comparées à celles d'Europe. (*Taylor*, Results of astronomical observations made at the Observatory at Madras, 4°, Madras; vol. III, p. 71) . 8,596

1856. GILLISS & GOULD, par les hauteurs de Mars en 1849-1850, observées au Chili et dans l'hémisphère septentrional. (*Gilliss*, The U. S. naval astronomical expedition to the Southern hemisphere, 3 vol. 4°, Washington; vol. III, p. clxxxviij.). 8,495 0

1857. W. C. BOND, par la parallaxe diurne de Mars. (AJl, V, 55.) . . . 8,605

1858. LE VERRIER, par l'équation parallactique de la Lune. (Paris, MOb, IV, 101.) 8,95

1862. LUBBOCK, d'après l'équation parallactique de la Lune déterminée par *Airy*. (London, MAS, XXX, 7.) 8,616 3

1862. FOUCAULT, par la mesure expérimentale de la vitesse de la lumière, comparée au chiffre de l'aberration. (Paris, Crh, LV, 502.) . . 8,86

1863. HANSEN, par l'équation parallactique de la Lune et la parallaxe de cet astre. (London, MNt, XXIII, 243.) 8,97

1863. WINNECKE, par les hauteurs de Mars au Cap de Bonne-Espérance et à Poulkova. (ANn, LIX, 264.). 8,964

1863. J$_g$. FERGUSON, par les observations de Mars au Chili, comparées à celles d'Albany, de Washington et d'Upsal. (Washington, Obs$_1$, 1863, app, lxxxij.). 8,778

1864. HANSEN, par l'équation parallactique de la Lune et l'intensité de la pesanteur. (London, MNt, XXIV, 13.) 8,915 9

1864. POWALKY, par le passage de Vénus de 1769. (*Powalky*, Neue Untersuchungen des Venusdurchgang von 1769, 4°, Kiel. — En français : CdT, 1867, 22.) 8,832

1865. E. J. STONE, par les observations de Mars au Cap de Bonne-Espérance et à Williamstown, comparées à celles de Greenwich. (London, MAS, XXXIII, 97.) 8,943

1865. A. HALL, par les observations de Mars en 1862 au Chili, comparées à celles de Washington et d'Upsal. (Washington, Obs$_1$, 1863, app., lxiv.) 8,841 5

1865. LIAIS, par la parallaxe diurne de Mars. (Paris, Crh, LX, 174.) . . 8,76

1867. NEWCOMB, par les observations de Mars en 1862 dans les deux hémisphères. (Washington, Obs$_3$, 1865, app. II, 22.). 8,855

1867. NEWCOMB, par l'inégalité parallactique de la Lune. (ibid., p. 25.). . 8,838

1867. NEWCOMB, par l'équation lunaire de la Terre. (ibid., p. 28.) . . . 8,809

1867. E. J. STONE, en corrigeant la détermination de *Hansen* fondée sur l'équation parallactique de la Lune. (London, MNt, XXVII, 239.). 8,916

1867. E. J. STONE, en corrigeant la détermination de *Le Verrier* indiquée plus haut à la date 1858. (London, MNt, XXVII, 241.) 8,91

1867. E. J. STONE, par l'équation parallactique de la Lune, tirée de 2075 observations de Greenwich. (London, MNt, XXVII, 271.) . . . 8,850

1867. H. SCHULTZ, par les observations de Mars en 1862 à Santiago du Chili et à Upsal. (ANn, LXVIII, 109.) 8,87

1868. E. J. STONE, par le passage de Vénus de 1769. (London, MNt, XXVIII, 264.) 8,91

1870. POWALKY, en discutant de nouveau le passage de Vénus de 1769. (ANn, LXXVI, 161.) 8,785 9

1872. LE VERRIER, en employant la masse de la Terre donnée par le mouvement du périhélie de Mars. (Paris, Crh, LXXV, 165.) 8,866

1872. LE VERRIER, en employant la masse de la Terre donnée par le mouvement du nœud de Vénus. (ibid.) 8,853

1872. LE VERRIER, en employant la masse de la Terre donnée par les variations séculaires de Vénus, telles qu'elles résultent de 106 ans d'observation. (ibid.) 8,859

1872. POWALKY, par la masse de la Terre déduite du mouvement du nœud de Vénus, comparée à la masse du Soleil. (ANn, LXXIX, 28.). . 8,74

1874. CORNU, par la vitesse de la lumière, comparée à l'aberration déterminée par *F. Struve*. (Paris, JEP, XXVII, 178 [cah. XLIV.]) . . 8,834

1875. GALLE, par les observations de Flora en 1873 dans les deux hémisphères. (ANn, LXXXV, 267.). 879

1875. V. PUISEUX, par les observations de Péking et de St-Paul du passage de Vénus de 1874. (Paris, Crh, LXXX, 955.). 8,879

1876. Von ASTEN, en employant la masse de la Terre fournie par les perturbations de la comète de Encke. (Saint-Pétersbourg, Mém, XXVI, 1879, n° 2, p. 163.) 9,009

1876. CORNU, par une nouvelle détermination de la vitesse de la lumière. (Paris, MOb, XIII, A299. — Comparez : Paris, Crh, LXXXIV, 569.) 8,881

1877. AIRY, par les observations de contact au passage de Vénus en 1874. (Report on the telescopic observations of the transit of Venus of 1874, made in the expedition of the British government, 4°, London; p. 7.) 8,760

1877. GILL, par la parallaxe diurne de Junon, à Maurice, en 1874. (Dun Echt Observatory publications, 4°, Aberdeen; vol. II, divis. I, p. 211.) 8,765

1878. E. J. STONE, par les observations d'entrée et de sortie, faites par les astronomes anglais, au passage de Vénus de 1874. (London, MNt, XXXVIII, 546.) 8,88

1878. TUPMAN, par le passage de Vénus de 1874. (London, MNt, XXXVIII, 455.) 8,846

1878. TUPMAN, par les photographies du passage de Vénus de 1874; moyenne entre ses mesures et celles de *Burton*. (London, MNt, XXXVIII, 511, 512.) 8,165

1879. M. HALL, par la parallaxe diurne de Mars à la Jamaïque, en 1877. (London, MAS, XLIV, 121.) 8,789

1880. DOWNING, par les observations de Mars à Melbourne et à Leide. (ANn, XCVI, 123.) 8,960

1881. GILL, par la parallaxe diurne de Junon en 1877, à l'Ascension. (London, MNt, XLI, 325.) 8,78

1881. E. J. STONE, par les observations d'entrée et de sortie, faites par les astronomes français, au passage de Vénus de 1874. (London, MNt, XLI, 528.). 8,88

1881. HARDY, en recalculant les observations de *Gill* à l'Ascension. (London, MNt, XLI, 420.) 8,79

1881. V. PUISEUX, par les observations de contact faites pendant le passage de Vénus de 1874. (Paris, Crh, XCII, 486, 487.). 8,91

1881. TISSERAND, en employant la masse de la Terre, résultant des perturbations de Vénus. (Paris, Crh, XCII, 653.) 8,85

1881. TODD, par les photographies américaines du passage de Vénus de 1874. (AJS$_3$, XXI, 491.) 8,883

1881. EASTMAN, par les observations de Mars en 1877, dans les deux hémisphères. (Washington, Obs$_2$, 1877 ; app.) 8,953

Les dimensions absolues du Soleil résultent de sa parallaxe et de son diamètre apparent. C'est un élément conclu, qui dépend des valeurs que l'on adopte pour ces deux données fondamentales. Il n'entre pas dans notre plan d'aborder ce genre de déductions.

Les anciens, qui mesuraient grossièrement le diamètre apparent de l'astre, mais qui n'avaient pas de procédé assez précis pour évaluer, même approximativement, sa parallaxe, ne pouvaient rien conclure de plausible, quant aux dimensions absolues du Soleil. Parmi les philosophes et les astronomes de l'antiquité, qui ont affirmé que le volume du Soleil est considérable relativement à celui de la Terre, on peut nommer, au — VIe siècle, *Anaximandre* (*Plutarchus*, De placitis philosophorum [G], lib. II, cap. 20, 22; *Diogenes Laertius*, De vitis... clarorum philosophorum [G], lib. II, cap. 1) et *Pythagore* (*Plutarchus*, loc. cit.); au — IIIe, *Archimède* (De numero arenae [G]); au — IIe, *Hipparque* (Ptolemaeus, MCo, lib. V, cap. 14); et au IIe siècle de notre ère, *Ptolémée* (loc. cit.).

§ 162. ROTATION.

Il ne faut pas confondre la découverte de la rotation du Soleil avec celle de ses taches. Celles-ci avaient été remarquées, sans que d'abord on se rendît compte soit de leur véritable relation avec le corps de l'astre, soit de la cause de leur mouvement apparent.

Ce fut Jean *Fabricius*, de Oosteel en Frise, qui reconnut le premier que les taches appartiennent au globe du Soleil, et que leur déplacement indique la rotation continue de ce globe. Voyez :

1985. Fabricius, J. De maculis in Sole observatis et apparente earum cum Sole conversione narratio; 4°, Wittembergae, 1611.

Une grande partie de cette dissertation, devenue excessivement rare, a été reproduite par *Lalande*, dans : Paris, M & M, 1778.

Valeurs attribuées aux éléments de la rotation du Soleil.

	Temps de la rotation tropique, ou retour à la même longitude.	Longitude du nœud ascendant.	Date de l'équinoxe auquel cette longitude est rapportée.	Inclinaison.
1630. SCHEINER. (Rosa Ursina, fol., Bracciani; p. 562.)	25^j	70°	1626	7°
1676. HALLEY. (Cité par *R. Wolf*, Handbuch der Mathematik, 2 vol. 8°, Zürich; vol. II, 1872, p. 309.)	$25^j\ 9^h\ 30^m$	»	»	»
1680. FLAMSTEED. (The doctrine of the sphere, pref. — Traité annexé au « New system of mathematiks » de Jonas *Moore*, 2 vol. 4°, London, 1681.)	$25^j\ 6^h$	75°	1680	8°
1701. J. D. CASSINI. (Paris, H & M, 1701, his, 102; 1703, 113. — Comparez: J. Cassini, Elm, 1740, 105.)	$25^j\ 14^h\ 8^m$	68°	1680	7° 30'
1738. DE L'ISLE. (Mémoires pour servir à l'histoire et au progrès de l'astronomie, 4°, St.-Pétersbourg; p. 178.)	»	58°	1713	6° 35'
1760. KAESTNER, par les observations de *De l'Isle*. (Gotinga, NCi, I, 110.)	$25^j\ 19^h$	64°	1713	6° 31'
1776. J. J. DE LALANDE. (Paris, H & M, 1776, 496, 497; 1775, 423.)	$25^j\ 10^h\ 0^m$	77° 53'	1775	7° 20'
1777. LAMBERT, par les observations de *Lahire* de 1703. (BaJ, 1780, 61.)	$24^j\ 20^h\ 20^m$	»	»	»
1777. FIXLMILLNER. (BaJ, 1780, 189, 190. — Comparez : *Fixlmillner*, Decennium astronomicum continens observationes in specula Cremifanensi factas, 4°, Styrae, 1776; p. 27.)	»	81° 44'	1707	7° 8' 30"
	$25^j\ 13^h\ 29^m,5$	79 52	1776	6 19 14
1778. REGGIO, par les observations de *De Cesaris*. (EpM, 1779, 153, 154.)	$24^j\ 2^h\ 53^m$	67° 8'	1777	7° 20'

	Temps de la rotation tropique, ou retour à la même longitud.	Longitude du nœud ascendant.	Date de l'équinoxe auquel cette longitude est rapportée.	Inclinaison.
1785. CAGNOLI. (Paris, Mpr₁, X, 467.)	»	77° 50'	1780	7° 12'
1785. BOSCOVICH. (Opera pertinentia ad opticam et astronomiam, 5 vol. 4°, Bassani; vol. V, p. 144, 141, 157.)	$26^j\ 18^h\ 29^m$	73° 9'	1778	7° 44'
1801. FLAUGERGUES. (CdT, an XI [1803], 367.)	$25^j\ 1^h\ 0^m,26$	78° 13' 8"	1790	7° 17' 55"
1814. DELAMBRE, par les observations de *Lalande*. (Delambre, Ast, III, 54.)	$25^j\ 0^h\ 10^m,6$	80° 7' 4"	1775,5	7° 19' 23"
1816. EYNARD. (Bun₁, II, juil. — Comparez : Annales de chimie et de physique par *Gay-Lussac* & *Arago*, 8°, Paris; t. III, 1816, p. 95.)	$25^j\ 9^h\ 20^m$	»	»	»
1819. MOSSOTTI. (EfM, 1821, 78.)	$23^j\ 19^h\ 13^m$	»	»	»
1820. BIANCHI. (Cas, V, 529.)	$25^j\ 4^h\ 19^m,2$	70° 30'	1817,0	7° 14'
1828. THILO. (De tabulis iconographicis quibus maculae Solis a *T*. a *Soemmering* observatae adumbrantur, 4°, Francofurti ad Moenum; p. 16, 17.)	$25^j\ 10^h$	66° 0'	1827,0	7° 30'
1841. LAUGIER. (Paris, Crh, XII, 649.)	$25^j\ 8^h\ 9^m,6$	75° 8',0	1840,0	7° 9',2
1841. PETERSEN. (ANn, XVIII, 153.)	$25^j\ 4^h\ 30^m$	73° 29' 6"	1841,0	6° 50' 40"
1846. KYSAEUS. (Ueber Axendrehung der Sonne, 4°, Siegen.)	$25^j\ 2^h\ 10^m$	76° 38'	1841,0	6° 38'

	Temps de la rotation tropique, ou retour à la même longitude.	Longitude du nœud ascendant.	Date de l'équinoxe auquel cette longitude est rapportée.	Inclinaison.
1847. J. B. Biot, d'après trois observations de *Messier*. (*Biot*, Traité d'astronomie physique, 3ᵉ éd., 5 vol. 8°, Paris; t. IV, p. 570.)				
	$25^j\ 12^h\ 30^m,4$	70° 44′ 44″	1777	8° 21′ 53″
1851. Wichmann. (ANn, XXXII, 73.)				
	$25^j\ 12^h\ 52^m$	83° 46′,8	1840	7° 44′,6
1852. Böhm. (Wien, Stz, V, 150.)				
	$24^j\ 12^h\ 30^m$	70° 47′	1833,0	6° 57′
1863. Carrington. (Observations of the spots on the Sun, 4°, London; p. 223, 244.) — La rotation est celle sous l'équateur.				
	$24^j\ 23^h\ 19^m,4$	73° 28′	1854,0	7° 17′
1863. Schwabe. (ANn, LXIV, 152.)				
	$25^j\ 5^h$	»	1848,5	7° 17′,7
1867. Faye, en discutant les observations de *Carrington*. (Paris, Crh, LXIV, 266.) — Rotation sous l'équateur.				
	$25^j\ 4^h\ 29^m,3$	»	»	»
1868. Spoerer. (Leipzig, Pub, XIII, 3.)				
	$25^j\ 5^h\ 37^m$	74° 36′	1866,5	6° 58′

Les déterminations qui précèdent sont directes. Il n'est peut-être pas sans intérêt d'ajouter que, par la discussion de différentes déterminations, *R. Wolf* conclut (Wfl, III, 1860, 400; et *R. Wolf*, Handbuch der Mathematik, 2 vol. 8°, Zürich; vol. II, 1872, p. 509) que la durée de la rotation est respectivement :

Après un minimum des taches.	25^j	14^h	$22^m,6$	
Vers un maximum —	25	7	14	0
Avant un minimum —	25	4	48	0

D'autre part, d'après la période de la déclinaison magnétique à Prague et à Vienne, *Hornstein* a trouvé (Wien, Stz, LXIV, 1871, II, 75) :

$$24\ 12^h.$$

Plus anciennement, *Nervander* avait eu l'idée (Saint-Pétersbourg, Bul₂, III, 1845, nº 49) qu'on pourrait découvrir, dans les observations de température, une période correspondant à la rotation du Soleil. En discutant les observations thermométriques de Paris des années 1816 à 1839, il avait trouvé une légère inégalité, dont le retour périodique indiquerait pour la rotation tropique du Soleil une durée de

$$25^j\ 8^h.$$

Les observations néerlandaises de 1729 à 1846 donnaient à *Buys Ballot* (Les changements périodiques de température; 4°, Utrecht, 1847), le chiffre de

$$25^j\ 16\tfrac{1}{3}^h.$$

La rotation tropique de $25^j\ 8^h$ satisferait, selon *Carlini* (Giornale dell'Istituto lombardo di scienze, lettere ed arti, 8°, Milano; t. VI, 1845, p. 473), aux variations dans la marche des températures de Milan de 1835 à 1844, et suivant *d'Arrest* (ANn, XXXVII, 1854, 266) à celles dans la marche du thermomètre de Konigsberg de 1827 à 1837. Mais *Airy*, en discutant les observations de température faites à Greenwich, de 1848 à 1853, n'y voit pas la confirmation d'une période correspondant à la rotation du Soleil (ANn, XXXIX, 1855, 339).

Au reste, ces dernières recherches rentrent plutôt dans le domaine de la Météorologie et de la Physique du globe. On étendrait outre mesure le champ de l'Astronomie, si l'on y comprenait les effets divers du Soleil sur le globe terrestre, sur les corps qui composent ce globe, et sur les phénomènes physiques que l'action solaire détermine à la surface de la Terre.

Scheiner avait remarqué, dès 1626, qu'à la surface du Soleil la vitesse de rotation n'est pas égale pour toutes les taches. Il en avait vu traverser le disque en 14 jours, et d'autres en 16. Il croyait que les taches australes tournent plus vite que les boréales. (Rosa ursina, fol., Bracciani, 1630; p. 260.)

Dans ce qui suit, la lettre λ représente la latitude héliocentrique. La vitesse angulaire de rotation, en un jour, serait exprimée, d'après différents astronomes, par les formules suivantes :

1863. Carrington. (Op. cit., p. 224.)

$$865' - 165' \sin^{\frac{7}{4}} \lambda.$$

1863. Faye, en discutant les observations de Carrington. (Paris, Crh, LX, 816.)

$$862' - 186' \sin^2 \lambda.$$

1867. Spoerer. (ANn, LXVIII, 49.)

$$1\,011',0 - 203',5 \sin (\lambda + 41^\circ\,13').$$

1867. Faye. (Paris, Crh, LXIV, 208.)

$$857',6 - 157',3 \sin^2 \lambda.$$

1872. Zöllner, en discutant les observations de Carrington. (ANa, LXXVIII, 21.)

$$\frac{863',8 - k \sin^2 \lambda}{\cos \lambda},$$

$$\text{où} \quad k = \begin{cases} 613',2 \text{ dans l'hémisphère Nord}, \\ 631',1 \quad — \quad \text{Sud}. \end{cases}$$

Si l'on s'en rapportait aux observations de *C. A. Young* sur le déplacement de la raie D, l'atmosphère du Soleil tournerait plus rapidement que le corps de l'astre :

1986. Young, C. A. Observations on the displacement of lines in the solar spectrum caused by the Sun's rotation. AJS_3, XII, 1876, 321. — Reproduit : Spettr. Ital, Mem, V, 1876, 145.

Sur l'effet de la réfraction dans l'atmosphère du Soleil, pour altérer les apparences de la rotation, on peut consulter les travaux suivants :

1987. Dauge, F. Note sur la rotation du Soleil. Bruxelles, Bul_2, XXI, 1866, 142.

1988. Peters, C. H. F. Zur Refraction auf der Sonne. ANa, LXXI, 1868, 241.

1989. Spoerer, G. F. W. Ueber Strahlenbrechung in der Sonnenatmosphäre. ANa, LXXXVIII, 1876, 159.

Si les taches sont des cavités, il faut aussi tenir compte de leur parallaxe de profondeur, ainsi que l'a remarqué

1990. Faye, H. Sur une inégalité du mouvement apparent des taches solaires, causée par leur profondeur. Paris, Crh, LXI, 1865, 1082.

Zöllner croit que les taches changent de forme, et que notamment elles s'allongent dans le sens de la rotation du parallèle; voyez

1991. Zöllner, J. C. F. Ueber das Rotationsgesetz der Sonne und der grossen Planeten. Leipzig, Ber, XXIII, 1871, 49. — Reproduit : ANa, LXXVIII, 1872, 1.

On trouve, dans les « Memorie » des Spettroscopistes italiens, des tables propres à faciliter la réduction des observations soit des taches, soit des protubérances du Soleil. Ce sont :

1992. Secchi, A. Tavola per la determinazione del angolo di posizione dell'equatore solare rispetto al circolo di declinazione. Spettr. Ital, Mem, I, 1872, 50.

1993. Lorenzoni, G. Tavole per convertire l'angolo di posizione di un punto del bordo solare nella corrispondente distanza polare eliografica. Spettr. Ital, Mem, I, 1872, 17.

§ 163. ASPECT DE LA SURFACE SOLAIRE.

Avant l'invention du télescope, on a vu parfois, d'une manière plus ou moins distincte, des taches ou des groupes de taches sur le Soleil. Ces observations se présentent sous plusieurs formes. La première est celle d'offuscations ou d'obscurcissements partiels du Soleil. On trouvera des renseignements à ce sujet dans Ricciolus, Alm, I, 1651, 97, et dans *Costard*, The history of Astronomy, 4°, London, 1767; p. 182.

D'autres fois on a cru à des passages de Mercure devant le Soleil, notamment en 807, comme on le voit dans les historiens de Charlemagne, et le 28 mai 1607, où *Képler* lui-même s'y trompa : Lalande, Ast_2, III 1771, 535; reproduit : Lalande, Ast_3, III, 1792, 284.

On s'est imaginé aussi apercevoir Vénus sur le Soleil. Ainsi en 839, *Alkindi*, en latin *Alchindius*, avait cru faire l'observation d'un passage de cette planète. (*L. A. Sédillot*, Prolégomènes des tables d'Oulong-Beg, 2 vol. 8°, Paris; t. I, 1849, introd., p. xviij). Mais l'objet noir qu'il avait vu sur le disque ne pouvait être qu'une tache, assez grande pour être aperçue à l'œil nu.

L'observation d'obscurcissements ou de taches sur le Soleil avait d'ailleurs été faite dans des contrées fort différentes, notamment en Chine, à diverses époques, dont la plus ancienne est l'an 301. Entre cette date et le commencement du XIIIe siècle, la grande encyclopédie de *Ma-touan-lin* contient quarante-cinq mentions de ces phénomènes (*Williams, J.*, Chinese observations of solar spots, dans : London, MNt, XXXIII, 1873, 370). L'existence de parties obscures sur le Soleil avait été reconnue très-anciennement par les indigènes du Pérou (*Acosta, d'*, Historia natural y moral de las Indias, 8°, Barcelona, 1590; lib. I, cap. 2). Les Arabes ont signalé des offuscations prolongées du Soleil, entre autres en 535 et en 626 (*Abulfaragius*, Historiae compendium dynastarum, 4°, Oxonii, 1663; p. 94, 99). Sur les observations des taches du Soleil par les Arabes, voyez *Assemann*[us], Globus cœlestis cufico-arabicus, 4°, Patavii, 1790; p. xxxix et suiv.

En Europe, la plus ancienne mention d'une tache sur le Soleil, tache qui avait été

prise pour Mercure, est dans un chroniqueur anonyme du VIII[e] siècle (*Reuber*[us], J., Scriptorum veterum qui caesarum et imperatorum germanicorum res per aliquot secula gestas litteris mandarunt tomus unus, fol., Francofurti, 1583; réimpr., fol., Hanoviae, 1619; p. 27. — Nouv. édit., fol., Francofurti-ad-Moenum, 1726, p. 58). Au sujet de différentes observations des taches du Soleil, avant l'existence du télescope, voyez une lettre de von *Murr*, dans MCz, XV, 1807, 568; ainsi que Humboldt, Kos, III, 1851, 412 (Cos, III, 1852, 668).

Ce fut l'instrument nouveau, inventé en Hollande vers 1607, qui permit d'étudier d'une manière scientifique la surface solaire. *Galilée* paraît avoir vu, pour la première fois, les taches du Soleil, au mois d'octobre 1610 (*Brewster*, The martyrs of science, 2[e] éd., 8°, London, 1846; p. 56, 59. — *Nelli*, Vita e commercio letterario di Galilei, 2 vol. 4°, Lausanne; t. II, 1793, p. 324-384). Mais il ne s'était pas rendu compte de la nature du phénomène. *Jean Fabricius* remarqua peut-être ces taches vers la fin de l'année 1610 (*Brewster*, l. c.); il est certain qu'il les observait en mars 1611 (*Fabricius, J.*, De maculis in Sole observatis, 4°, Wittembergae, 1611) : *Scheiner* (*Apelles*, De maculis solaribus, 4°, Augustae Vindelicorum, 1612) reporte sa découverte des taches au mois d'avril 1611; toutefois il ne s'était pas non plus rendu compte d'abord de ce qu'il voyait. Quant à *Harriot*, dont *Zach* (BaJ, 1788, 155) avait cru pouvoir faire remonter les observations des taches à décembre 1610, et dont *Rigaud* a examiné les manuscrits (*Rigaud*, Account of Harriot's astronomical papers, à la suite de son Supplement to Dr Bradley's miscellaneous works, 4°, Oxford, 1833), il ne les a vues réellement qu'à partir de décembre 1611 (*Rigaud*, l. c., p. 32, 38); il ne vient par conséquent que le quatrième, dans l'ordre de priorité.

On consultera sur la question des dates :

1994. Arago, F. Quels ont été les premiers observateurs des taches solaires. Paris, ABL, 1842, 460.

Une difficulté considérable, dans les observations du Soleil, vient de l'éclat éblouissant de cet astre. Les anciens le considéraient quand il était à l'horizon, et par conséquent affaibli par une grande épaisseur d'air (*Archimèdes*, De numero arenae [G]). Pour suivre les phases des éclipses, ils le regardaient sur un bain d'huile ou de poix (*Seneca*, Quaestiones naturales [L], lib. I). *Ebn Iounis* faisait aussi les observations d'éclipses en regardant sur l'eau (CdT, 1811, 481).

Au XVI[e] siècle, les occasions devenues plus fréquentes de faire des déterminations géographiques, ainsi que les exigences de l'astronomie nautique, avaient fait imaginer, pour les visées sur le Soleil, l'emploi des verres colorés. *Apian* en fait mention (Astronomicum caesareum, fol., Ingolstadii, 1540). Peu de temps après, *Porta* avait imaginé de recevoir l'image, dans une chambre obscure, sur un papier blanc (*Keplerus*, Ad Vitellionem paralipomena, 4°, Francofurti, 1604, p. 59. — Reproduit : Keplerus, Ope, II, 1859, 162).

Toutefois, après l'invention du télescope, *Fabricius* (loc. cit.) et *Galilée* (loc. cit.) ne recouraient encore à d'autre moyen que de saisir les instants auxquels l'astre était dans le voisinage de l'horizon, ou bien d'attendre le passage de nuages légers. La première idée de faire usage de procédés artificiels, pour affaiblir l'image focale, est due à *Castelli*, un des élèves de *Galilée*, qui reçut cette image par projection, et agrandie, sur un écran (*Galilei*, Istoria e dimostrazioni, let. II, 14 août 1612. — Reproduit : Galilei, Ope, III, 1843; voir p. 419).

Scheiner entreprit d'ôter aux lentilles de l'instrument une partie de leur transparence, en les faisant bleues ou vertes, ou même d'interposer dans le trajet des rayons un verre coloré (Rosa ursina, p. 10, 151); mais il plaçait ce verre entre l'objectif et l'oculaire, où ses moindres défauts déformaient l'image. Ce fut *Tarde* (Borbonia sidera, id est planetae qui Solis limina circumvolitant, 4°, Parisiis, 1621), qui transporta le verre noir devant l'oculaire.

Ces moyens constituent encore les procédés fondamentaux, employés dans les observations du Soleil. On en a cependant proposé quelques autres. *Legentil*, par exemple, a parlé (Paris, H & M, 1752, 484) de mettre devant l'objectif un matelas de toiles d'araignée. *Lalande* nous apprend qu'en 1763, les astronomes anglais, pour affaiblir la lumière, recouraient à des réflexions multiples (Lalande, Ast_3, II, 1792, 688). Il y a une notice historique sur ces procédés dans

1995. Burckhardt, J. C. Note historique sur les différents moyens employés par les astronomes pour observer le Soleil. CdT, 1811, 480.

Depuis cette époque, quelques autres méthodes ont été proposées. L'idée de recourir à la polarisation pour éliminer une partie de la lumière est due à

1996. Pohl, J. J. Ueber ein neues Sonnenocular. Wien, Siz, XXIII, 1858, 482.

Mais cette méthode ne s'est répandue qu'après avoir été préconisée par *Secchi* (ANa, LXVI, 1866, 175). Vers le même temps, *Foucault* a proposé de recouvrir l'objectif d'une légère argenture, à travers laquelle l'image du Soleil peut s'apercevoir :

1997. Foucault, L. Sur un moyen d'affaiblir les rayons du Soleil au foyer des lunettes. Paris, Crh, LXIII, 1866, 413, 547.

Zöllner (Grundzüge einer allgemeinen Photometrie des Himmels, 4°, Berlin, 1861; p. 72) représente la cote du Soleil à son colorimètre par le chiffre 2,10, qui n'est pas très-différent de la cote de Wéga [α Lyrae].

Avant d'aborder les recherches qui concernent la constitution physique du Soleil, il convient d'indiquer les principaux ouvrages et mémoires qui ont rapport à la découverte et à l'étude générale des taches solaires, ainsi que des détails qui s'y rattachent. Ce sont :

1998. **Fabricius, J.** De maculis in Sole observatis, et apparente earum cum Sole conversione; 4°, Wittembergae, 1611.

Première publication qui ait été faite sur les taches du Soleil.

1999. **Apelles [Scheiner, C.].** Tres epistolae de maculis solaribus ad M. Velserum perscriptae; 4°, Augustae Vindelicorum, 1612. — Reproduit : Galilei, Ope, III, 1843, 372.

Publication pseudonyme de *Scheiner*, où celui-ci se cache sous le nom d'« *Apelles post tabulam latens.* » Il y annonce la découverte, qu'il a faite de son côté, des taches existant sur le disque solaire.

2000. **Galile[us], G.** Epistola ad Velserum de maculis solaribus; 4°, Romae, 1612.

A cet écrit de *Galilée*, un anonyme a répondu par la brochure suivante, imprimée par Plantin, et dont nous prenons le titre dans le Catalogue of the celebrated library of *G. Libri*, 8°, London, 1861; p. 551. *Lalande* en avait fait à tort deux numéros distincts.

2001. *** De maculis in Sole animadversis, et tanquam ab Apelle, in tabula spectandum in publica luce expositis, *Batavi* dissertatiuncula; 4°, s. l., 1612.

2002. **Galilei, G.** Istoria e dimostrazioni intorno alle machie solari e loro accidenti; 4°, Roma, 1613. — Réimpr., 4°, Bologna, 1655. — Reproduit dans toutes les éditions des Œuvres de *Galilée*, notamment au tom. II des edit. 4°, et au tom. III, 1843, p. 381, de l'édition 8° de Florence.

Cet ouvrage contient les trois lettres de *Galilée* à *Velser*, dont nous avons indiqué la première séparément sous le n° 2000.

2003. **Scheiner, C.** Rosa ursina, sive Sol ex admirando facularum et macularum suarum phaenomeno varius; fol., Bracciani, 1630.

Ouvrage considérable, renfermant plus de 2000 observations. On y trouve les premiers éléments de la rotation du Soleil, et le germe de plusieurs considérations, passées aujourd'hui dans la science à titre définitif.

2004. **Bode, J. E.** Gedanken über die Natur der Sonne und die Entstehung ihrer Flecken. Beschaeftigungen der Berliner Gesellschaft naturforschender Freunde, 8°, Berlin; vol. II, 1776, p. 225.

2005. **Schroeter, J. H.** Beobachtungen über die Sonnenfackeln und Sonnenflecken; 4°, Erfurt, 1789.

2006. **Herschel, W.** On the nature and construction of the Sun and fixed stars. London, PTr, 1795, 46.

2007. **Herschel, W.** Observations tending to investigate the nature of the Sun, in order to find the causes of its variable emission of light and heat. London, PTr, 1801, 265, 354. — En allemand dans BaJ, 1805, 213; 1806, 115, 128.

Dans cet important mémoire, *W. Herschel* traite successivement de la nature des différents accidents visibles à la surface du Soleil.

Il existe, pour les travaux du XVIIe siècle et de la première moitié du XVIIIe, relatifs aux taches du Soleil, un résumé bibliographique de

2008. **Frobesius, J. N.** Recensus heliographorum; 4°, Helmstadii, 1753.

Cet ouvrage est complété par celui du même auteur : Polyhistor heliographicus; 4°, Helmstadii, 1755.

Il était facile aux premiers observateurs des taches du Soleil, de s'apercevoir qu'elles ne sont pas permanentes, mais au contraire passagères et sujettes à des changements. « Si producono e si dissolvono in termini più e men brevi, » dit *Galilée* (Istoria e dimostrazione, let. I. — Galilei, Ope, III, 1843, voir p. 392).

Il a été reconnu de très-bonne heure que ces taches ne sont pas indifféremment répandues sur toute la surface du Soleil. *Scheiner* (Rosa ursina, p. 568) énonce déjà qu'elles sont confinées dans une zone médiane, à laquelle il donne 60° de largeur.

On soupçonnait aussi, depuis les premières observations au télescope, que les taches n'exécutent pas leur rotation d'un mouvement commun (*Scheiner*, Rosa ursina, p. 260). Mais ce fait était resté à l'état de notion vague, jusqu'à ce que *Laugier*, en discutant ses observations, eût mis en évidence leurs mouvements propres (Paris, CrA, XII, 1841, 649).

Scheiner (Rosa ursina, p. 218, 219) fit remarquer que les taches sont entourées d'une pénombre, à laquelle il applique le nom de « nebula. » Autour des grandes taches, dit également *Hevelius* (Selenographia, fol., Gedani, 1647; p. 84), il y a une ombre ou ternissure, qui ressemble à un halo, « instar halonis. »

Quelle est la situation des taches, par rapport à la surface du Soleil? Déjà en 1703, Jacq. *Cassini* avait été frappé de cette circonstance qu'une grande tache produit une échancrure dans le limbe, lorsqu'elle se présente au bord du disque (Paris. H & M, 1703, 122). Plus tard, *Schülen* fit la remarque (Stuttgarter Blätter, 8°, Suttgard; année 1771, Oct.) que la pénombre passe de gauche à droite, quand les taches passent de droite à gauche du disque. Cette observation devait donner l'idée de regarder les taches comme des cavités. C'est ce que fit

2009. Wilson, A. Observations on the solar spots. London, PTr, 1774, 1.

Outre ces considérations générales, l'étude des taches a conduit à reconnaître dans leur constitution et leur allure diverses particularités.

Silberschlag, de Magdebourg, a dit des taches du Soleil qu' « elles se meuvent sur elles-mêmes par un mouvement de rotation. » (*J$_{s}$. Bernoulli*, Lettres astronomiques, 8°, Berlin, 1771; p. 6, note *b*.). *Scheiner* (Rosa ursina, p. 507) avait déjà émis un soupçon sur ce point. Mais en 1852, *Dawes* a constaté d'une manière positive ce qu'il appelle la « gyration » des taches solaires (London, MAS, XXI, 1852, 159).

Le noyau des taches, dit *Schroeter* (Beobachtungen über die Sonnenfackeln, 4°, Erfurt, 1789; art. 24, p. 29) n'est pas uniformément noir : il est comme nébuleux et parsemé de clairs. Cet astronome avait entrevu ce que *Secchi* a décrit comme des voiles semi-transparents, auxquels il donne le nom de « cirri » (ANn, LII, 1860, 95), et peut-être aussi les langues brillantes, en feuilles de saule, ou « willow leaves, » de *Nasmyth* (London, MNt, XXIV, 1864, 66).

W. Herschel (London, PTr, 1801, 354) a donné les rapports suivants pour les intensités lumineuses :

Surface libre du Soleil	1,000
Pénombre des taches.	0,469
Noyau des taches	0,007

En 1845, *J. Henry* et *S. Alexander*, en faisant tomber sur un thermomètre les rayons provenant de différentes parties du disque, ont montré que les taches du Soleil donnent moins de chaleur que les parties claires (PMg$_{3}$, XXVIII, 1846, 230).

Indépendamment des taches et des détails qui s'y rapportent, on voit sur la surface du Soleil divers accidents de lumière, connus sous les noms de « facules » et de « lucules. » Les facules avaient été remarquées, dès 1612, par *Galilée* (Istoria e dimostrazioni, let. III; reprod. : Galilei, Opo, III, 1843, voir p, 490). Les termes sous

lesquels on désigne ces deux espèces de marques, ont été introduits par *Scheiner*, « faculae » de « fax » (Rosa ursina, p. 163), et « luculae, » de « lux » (ibid., p, 344). L'expression « taches de lumière, » employée par *Lahire* (Jd$_{1}$, 1686), n'a pas été adoptée.

L'observation curieuse du déplacement rapide d'une facule a été faite, le 1er septembre 1859, par *Carrington* (London, MNt, XX, 1860, 14) et par *R. Hodgson* (ibid., XX, 16).

§ 164. PÉRIODICITÉ DES TACHES.

Le premier soupçon qu'on ait eu d'une périodicité dans les taches solaires fut émis par

2010. Schwabe, H. Periodicität der Sonnenflecken. ANn, XXI, 1844, 234.

Il est difficile de déterminer d'une manière certaine le temps périodique, non-seulement à cause de la nature souvent mal définie des observations sur lesquelles on s'appuie, mais peut-être aussi parce que toutes les périodes ne sont pas égales entre elles.

Valeurs attribuées à la période des taches solaires.

	Période en années.
1844. Schwabe, par ses observations de 1826 à 1842. (ANn, XXI, 255.) .	10
1852. R. Wolf, par les diverses observations depuis 1611. (ANn, XXXV, 369.)	11,111
1859. Thiele, par les observations du XVIIIe siècle. (ANn, L, 261.). . . .	9,740
Par celles du XIXe siècle. (ibid., 262.)	10,25
1878. Faye, en discutant les observations de *Schwabe* (Paris, Crh, LXXXVI, 914.)	11,20
1881. Spoerer, par une discussion des observations recueillies depuis 1752. (ANn, XCVIII, 102.).	11,313
1881. Duponchel, en discutant, après les avoir interprétées, les anciennes observations des taches. (Paris, Crh, XCIII, 827.)	11,86

Duponchel fait remarquer que le chiffre auquel il arrive est celui de la révolution de Jupiter.

L'idée de rattacher les phénomènes des taches aux mouvements des corps extérieurs au Soleil, n'est pas d'ailleurs une idée nouvelle. Déjà en 1796, *Lalande* se

demandait (*Allgemeine geographische Ephemeriden*, 8°, Weimar; vol. II, p. 78) si l'absence ou la présence de taches sur le Soleil ne serait pas due à des marées causées par un corps céleste, — il ignorait lequel.

La supposition qu'il existe une relation entre les taches du Soleil et les mouvements des planètes a pris, dans les dernières années, plus de consistance. Voyez notamment :

2011. Stewart, B. On sun-spots and their connection with planetary configurations. Edinburgh, Tra, XXIII, 1864, 499.

Lockyer (Contributions to solar physics, 8°, London, 1874; ch. VI, p. 81) a embrassé l'idée que les observations de *Carrington* (voir § 168, n° 2064) indiquent une tendance des taches à se produire aux points de la surface solaire les plus voisins de Vénus, et aussi de Jupiter et de Mercure.

Klein a fait la remarque que 16 périodes des taches solaires font, à bien peu près, 6 périodes de Saturne, 15 de Jupiter et 289 de Vénus. (*Wunder* & *Gretschel*, Jahrbuch der Erfindungen, 8°, *Leipzig*, année 1870; Fortschritte der Astronomie, p. 14).

La période des taches solaires ne paraît pas invariable. Indépendamment d'inégalités qui n'affectent pas de lois apparentes, on a cru y trouver des inégalités périodiques. *B. Stewart* en a indiqué une de 56 ans (London, MNt, XXIV, 1864, 197), et *R. Wolf*, une autre de 6,25 mois (ANn, LXV, 1865, 64), peu différente de la révolution de Vénus.

§ 165. ENVELOPPES DU SOLEIL.

Deux appendices du globe solaire, les protubérances et la couronne, ne pouvaient se découvrir aux astronomes que pendant les éclipses totales, qui sont des événements rares. Pour les protubérances, il fallait même qu'on portât à l'observation une attention minutieuse. Aussi n'est-ce qu'au commencement du XVIII° siècle qu'on les trouve signalées.

A l'éclipse de 1706, deux observateurs en parlent. *Stannyan*, dont l'observation est rapportée par *Flamsteed*, dit du Soleil : « his getting out of his eclipse was preceded by a blood-red streak of light from his left limb » (London, PTr, 1706, 2237). *Scheuchzer*, qui observait à Zurich, se sert des termes : « quandoquidem circa Lunam fulgur apparuit rutilans » (London, PTr, 1706, 2246)

Les protubérances furent observées dans d'autres éclipses postérieures, sans exciter beaucoup de curiosité. Ce fut *Bessel* qui ramena sur ce point l'attention des astronomes (ANn, XIV, 1837, 114). Les recherches s'étant alors dirigées de ce côté,

Airy se crut autorisé, à la suite de l'éclipse du 28 juillet 1851, à assigner les protubérances au Soleil, et non à la *Lune*, comme on l'avait pensé un instant (Notice of the proceedings of the meetings of the Royal Institution, 8°, London; vol. I, 1854, p. 62).

Depuis cette époque, l'étude des protubérances fut poursuivie avec grand soin pendant toutes les éclipses totales. Mais ces occasions étaient rares, et l'observation était nécessairement limitée à un intervalle très-court.

Voyez sur les conclusions tirées de ces observations :

2012. Nasmyth, J. On the red prominences seen in total eclipses of the Sun. London, MNt, XIII, 1853, 5.

2013. Stewart, B. On the nature of those red protuberances which are seen on the Sun's limb during a total eclipse. PMg_4, XXIV, 1862, 382.

La partie essentielle des observations sur les apparences du Soleil pendant les éclipses, au point de vue de la constitution physique de cet astre, se trouve résumée, d'après les descriptions originales, dans le travail de

2014. Ranyard, A. C. Observations made during total solar eclipses, collected. London, MAS, XLI, 1879, 1.

Ce résumé remplit tout le volume; il est accompagné de 18 planches de la couronne, et de nombreuses gravures dans le texte. Il traite, dans des chapitres séparés, des objets suivants : 1) occultation des taches du Soleil par la Lune; 2) la Lune paraît plus noire que les taches; 3) bande ou frange le long du limbe lunaire; 4) preuve spectroscopique et photographique de cette frange; 5) partie du limbe lunaire vue en dehors du Soleil; 6) le contour entier de la Lune vu avant ou après l'éclipse totale; 7) les cornes du croissant solaire paraissant colorées; 8) la Lune vue rouge pendant la totalité; 9) bandes d'ombre; 10) pulsations de la lumière à l'approche de la totalité; 13) éclats de lumière le long du bord qui disparaît du croissant; 14) la couronne vue avant et après l'éclipse totale; 15) les étoiles vues avant la totalité; 16) les protubérances vues avant et après la totalité; 17) les grains de chapelet de Baily; 18) les grains se contournent et s'absorbent les uns dans les autres; 19) rotation de la Lune et des rayons de la couronne; 20) la Lune paraît sauter au commencement et à la fin de la totalité; 21) la chromosphère vue sous la forme d'un arc rouge continu; 22) observation télescopique de la couche de Young; 23) observation double du commencement et de la fin de la totalité; 24) arrivée de l'ombre de la Lune [sur le terrain]; 25) à l'instant de la totalité, le ciel semble s'abaisser; 26) couleurs sur les nuages; 27) nuages irisés et arcs aux couleurs prismatiques; 28) couleur du ciel; 29) aspect du disque de la Lune pendant la totalité; 30) étoiles vues pendant la totalité; 31) éclairement de l'horizon pendant la totalité; 32) obscurité pendant la

totalité; 33) illumination étrange des objets pendant la totalité; 34) éclairs vus sur le disque de la Lune ou auprès; 35) vent pendant la totalité; 36) abaissement de la température et rosée pendant la totalité; 37) effet de l'éclipse sur les hommes, les animaux et les plantes; 38) observations magnétiques pendant les éclipses; 39) trou d'Ulloa et brèches dans le limbe de la Lune; 40) recherche de la lumière zodiacale et des planètes intra-mercurielles pendant la totalité; 41) éclat de la couronne; 42) observations polariscopiques; 43) observations spectroscopiques; 44) photographies et dessins de la couronne.

Un immense progrès fut réalisé par l'observation des protubérances au spectroscope, qui permettait de les apercevoir en tout temps. Le germe de cette méthode est dû à *Lockyer* (Paris, Crh, LXVII, 1868, 836). Les premiers essais qui réussirent furent ceux de *Janssen*, ils remontent au mois d'août 1868 (ibid., 839).

Les initiateurs de cette nouvelle et heureuse méthode furent bientôt suivis par

2015. Zöllner, J. C. F. Ueber Beobachtung von Protuberanzen. Leipzig, Ber, XXI, 1869, 145.

Il restait à donner un nom à l'enveloppe du Soleil, dans laquelle ces phénomènes avaient leur source. C'est ce que fit *Lockyer*, en créant la dénomination de « chromosphère » (PMg$_4$, XXXVIII, 1869, 146).

Voyez aussi :

2016. Lockyer, J. N. & Seabroke, G. M. On a new method of viewing the chromosphere. London, Pro, XXI, 1873, 105.

Fearnley (ANa, XXXIII, 1852, 250) a, le premier, appelé l'attention sur la liaison probable entre les protubérances et les taches. On verra sur cette question, entre un grand nombre de notices d'importances diverses :

2017. Secchi, A. Sulle protuberanze solari e loro relazione colle macchie. Roma, Att, XXVI, 1873, 231.

Comme exemple de ce qu'on a nommé explosion, à la surface du Soleil, on pourra lire la description de

2018. Young, C. A. An explosion on the Sun. AJS$_3$, II, 1871, 468.

Sur la question de savoir si les variations énormes et rapides, qu'on remarque dans les protubérances, sont réelles, on consultera

2019. Ranyard, A. C. Note with respect to the rate of motion of gaseous matter projected from the Sun. London, MNt, XLI, 1881, 77.

C'est aux éruptions dont le Soleil est le théâtre et à la marche rapide de certaines facules à sa surface, que se rattache peut-être l'action électrique et magnétique exercée à distance par cet astre immense. Cette action est, comme on l'a dit plus haut, du domaine de la physique du globe et de la météorologie. Il suffira ici de renvoyer à

2020. Becquerel, E. Sur l'action électrique du Soleil. Paris, Crh, LXXII, 1871, 709.

2021. Zöllner, J. C. F. Ueber die elektrische und magnetische Fernewirkung der Sonne. Leipzig, Ber, XXIV, 1872, 116. — Reproduit : ANa, LXXX, 1873, 113.

La couronne était plus remarquable et plus facile à voir que les protubérances, dans l'obscurité des éclipses totales. Aussi les anciens l'avaient-ils déjà observée. Elle est mentionnée par *Philostrate* (Vita Apollonii tyanensis [G]) comme ayant été aperçue au Ier siècle de notre ère, et *Plutarque* en parle également (*Plutarchus*, Quae supersunt omnia opera edid. *J. J. Reiske*, 12 vol. 8°, *Lipsiae*; vol. IX, 1778, p. 682).

Nous mentionnerons, au sujet de ce phénomène :

2022. Parpart, A. L. A. von. Theorie der corona und der Hervorragungen.

Dans son Bericht über die auf der Sternwarte zu Serius während der Sonnenfinsterniss... angestellten Beobachtungen, 8°, Culm, 1851; p. 13.

2023. Oudemans, J. A. C. Onderstelling omtrent de lichtkroon bij totale zonsverduisteringen. Amsterdam, Ver$_2$, IV, 1870, 258.

2024. Young, C. A. On the solar corona. AJS$_3$, I, 1871, 311.

Sur la polarisation de la couronne, voyez :

2025. Blaserna, P. Sur la polarisation de la couronne solaire. Arc$_2$, XLI, 1871, 425.

Et sur son spectre :

2026. Young, C. A. Note on the spectrum of the corona. AJS$_3$, II, 1871, 55.

On a cru voir, dans les jets coronaux, une tendance à se diriger vers les différentes planètes :

2027. Serpieri, A. Di una probabile relazione tra i pennacchi luminosi del Sole, e le posizioni dei pianeti. Rendiconti dell'Istituto lombardo di scienze e lettere, serie IIa, 8°, Milano; vol. IV, 1871, p. 167, 568.

Et :

2028. Serpieri, A. Dei getti coronali del Sole volti ai pianeti. Rendiconti dell' Istituto lombardo di scienze e lettere, serie II^a, 8°, Milano; vol. V, 1872, p. 1149.

La couronne peut, dans certaines circonstances, être aperçue en plein jour. Voyez :

2029. Tacchini, P. Sulle osservazioni solari fatte a Palermo nel giorno 29 Luglio 1878. Spettr. ital., Mem, VII, 1878, 143.

On lira sur tous ces phénomènes la notice historique de

2030. Holden, E. S. Historical note on the observation of the corona and red prominences of the Sun. AJS_3, X, 1875, 81.

Qu'existe-t-il au delà des dernières enveloppes du Soleil? La matière gazeuse est-elle groupée en couches de densités décroissantes autour de cet astre? La réfraction à travers ce milieu serait peut-être appréciable, dans les observations de passages méridiens, pour des étoiles voisines du Soleil. C'est ainsi que raisonne

2031. Calandrelli, I. Sulla rifrazione solare; riflessioni e osservazioni. Roma, Att, X, 1857, 23.

§ 166. RAYONNEMENT SOLAIRE.

Les plus anciennes recherches scientifiques sur la puissance calorifique du Soleil datent de 1742; elles se trouvent dans le mémoire :

2032. Saint-Hilaire, F. X. Bon de. Sur la chaleur des rayons directs du Soleil, comparée à celle que l'on éprouve à l'ombre. Histoire de la Société des sciences établie à Montpellier, avec les mémoires, 4°; t. II, Montpellier, 1768, his, 118.

En 1835, John *Herschel* a décrit un instrument, qu'il a nommé « actinomètre, » avec lequel il proposait de mesurer le rayonnement calorifique du Soleil :

2033. Herschel, J. F. W. Explanation of the principle and construction of the actinometer. British Assoc, Rep, 1833, 379. — Comparez ses Results of astronomical observations made at the Cape of Good Hope, fol., London, 1847; p. 442.

Quelques années plus tard, *Pouillet* proposa un instrument différent, ayant le même objet, qu'il appela « pyrhéliomètre » :

2034. Pouillet, C. S. M. Mémoire sur la chaleur solaire, sur les pouvoirs rayonnants et absorbants de l'air atmosphérique, et sur la température de l'espace. Paris, Crb, VII, 1838, 24.

Des observations importantes sur le rayonnement solaire ont été faites à Madère par

2035. Hagen, H. G. L. Ueber die Wärme der Sonnenstrahlen. Berlin, Abh, 1863, Math, 1.

Nous trouvons dans un article de *G. Dallet* (Revue scientifique de la France et de l'étranger, 3me série, 4°, Paris; t. XXVIII, 1884, p. 815) un tableau des températures que différents physiciens ont cru pouvoir attribuer au Soleil. Voici ces températures, en degrés centigrades :

Newton	1 669 300°
Pouillet	1 461
Zöllner	102 000
Secchi.	5 344 840
Ericsson	2 726 700
Fizeau	7 500
Spoerer	27 000
H. Sainte Claire Deville	2 500
Soret	5 8[illegible]1 846
Vicaire	1 398
Violle	1 500
Rosetti	20 000

La discordance de ces chiffres donne la mesure de la confiance qu'ils peuvent inspirer.

Parmi les travaux les plus récents et les plus importants sur la température du Soleil, il faut citer :

2036. Violle, J. Mémoire sur la température moyenne du Soleil. Annales de chimie et de physique, 5e série, 8°, Paris; vol. X, 1877, p. 289.

2037. Rossetti, F. Indagini sperimentali sulla temperatura del Sole. Roma, Mem, II, 1878, 169. — Reproduit : Spettr. ital, Mem, VII, 1878, 21.

Le premier physicien qui ait examiné la distribution de la lumière et de la chaleur, dans les diverses parties du disque du Soleil, fut Bouguer, *en 1721 (Essai d'optique sur la gradation de la lumière, 12°, Paris; 2e édit., 4°, Paris, 1760, p. 90). Il avait reconnu que le centre du Soleil est plus lumineux que les bords. Aux trois quarts du rayon, il trouvait l'éclat réduit à 0,75 de ce qu'il est au centre.*

Secchi s'est longtemps occupé de la distribution de la chaleur à la surface du disque solaire. Son premier travail à cet égard remonte à 1851 :

2038. Secchi, A. Sull' intensità del calore nelle varie parti del disco solare. Roma, MOs_1, 1851, app, xxvij.

La publication de ses recherches a été continuée dans Paris, Crb, XLIX, 1859, 911; LXII, 1866, 1060; et ANn, LXVII, 1866, 10.

Il trouve que la chaleur provenant du bord du disque est deux fois moins intense que celle qui provient du centre. Telle est aussi la proportion à laquelle arrive *Chacornac* (Paris, Crb, XLIX, 1859, 806).

On peut voir sur le même sujet :

2039. Liais, E. Sur l'intensité relative de la lumière dans les divers points du disque du Soleil. Mémoires de la Société académique de Cherbourg; vol. XII, 1866, p. 277.

On consultera également :

2040. De la Rue, W., Stewart, B. & Loewy, B. Note regarding the decrease of actinic effect near the circumference of the Sun, as shown by the Kew pictures. London, MNt, XXVI, 1866, 74.

2041. Vogel, H. C. Ueber die Absorption der chemisch wirksamen Strahlen in der Atmosphäre der Sonne. Leipzig, Ber, 1872, 135. — Reproduit : APC_1, CXLVIII, 1873, 161. Traduit en anglais : PMg_4, XLV, 1873, 585.

2042. Ericsson, J. Intensity of sunrays from various places of the Sun's surface. Nature, 4°, London; vol. XII, 1875, p. 517; vol. XIII, 1876, p. 114, 224.

Ce physicien trouve que la chaleur aux bords du Soleil est seulement les deux tiers de la chaleur au centre.

Sur la question longtemps controversée, au XVIIe et au XVIIIe siècle, de savoir si les rayons solaires impriment une impulsion aux corps qu'ils viennent frapper, voyez une notice très-intéressante d'*Arago* (Annales de physique et de chimie par *Gay-Lussac* et *Arago*, 8°, Paris; t. VI, 1817, p. 386. — Reproduit : Arago, OEu, VII, 1858, 447). Dans cette notice, *Arago* regarde le résultat de l'expérience comme négatif.

Récemment, on s'est beaucoup occupé d'un appareil, nommé radiomètre, qui a ramené la discussion sur cette question. Tout le monde connaît l'expérience décrite par *Crookes*, dans sa lecture « on attraction and repulsion accompanying radiation » (PMg_4, XLVIII, 1874, 81). Mais la controverse soulevée à cette occasion appartient proprement au domaine de la physique.

§ 167. ÉTUDE SPECTROSCOPIQUE ET PHOTOGRAPHIQUE.

Comme coup d'œil général sur le champ nouveau ouvert par la spectroscopie, nous citerons d'abord :

2043. Gautier, E. De la constitution du Soleil, à propos des « Recherches sur le spectre solaire et sur les spectres des corps simples, » par *M. G. Kirchhoff*. Arc_2, IX, 1860, 209.

L'ouvrage fondamental sur le spectre du Soleil est celui de

2044. Angström, A. J. Recherches sur le spectre solaire; spectre normal du Soleil; 4° avec atlas 4° oblong, Upsala & Berlin, 1868.

Comparez :

2045. Vogel, H. C. Untersuchungen über das Sonnenspectrum. Potsdam, Pub, I, 1879, 135.

On verra ensuite :

2046. Lockyer, J. N. Researches in spectrum-analysis in connexion with the spectrum of the Sun. London, PTr, 1873, 253, 639; 1874, 479, 805; London, Pro, XXV, 1877, 546; XXVII, 1878, 279, 409.

2047. Draper, H. Discovery of oxygen in the Sun by photography, and a new theory of the solar spectrum. AJS_3, XIV, 1877, 90. — Reproduit : Spettr. Ital, Mem, VI, 1877, 69.

Dès l'année 1859, la photographie avait été appliquée à l'étude du Soleil, d'abord par *Carl*, puis bientôt après par *Spoerer* (*Mädler*, Geschichte der Himmelskunde, 2 vol. 8°, Braunschweig ; vol. II, 1873, p. 183).

Ce que cet art a produit de plus important, au point de vue de l'étude du Soleil, est contenu dans les notices suivantes :

2048. Janssen, J. Présentation de photographies solaires de grandes dimensions. Paris, CrA, LXXXII, 1876, 1363.

2049. Janssen, J. Note sur la reproduction par la photographie des « grains de riz » de la surface solaire. Paris, CrA, LXXXV, 1877, 373.

2050. Janssen, J. Sur la photographie de la chromosphère. Paris, CrA, XCI, 1880, 12.

§ 168. OBSERVATIONS PHYSIQUES.

Nous rangeons sous cette désignation toutes les observations qui ont pour objet l'étude physique du Soleil, soit par la vision télescopique, la spectroscopie, la photographie ou tout autre moyen du ressort des sciences physiques, par opposition aux observations de mesures, qui se font à l'aide d'instruments géométriques divisés.

L'astronome qui voudra examiner, dans les sources originales, les observations au moyen desquelles s'est élevé peu à peu le corps de nos connaissances au sujet de la physique du Soleil, devra consulter une série d'ouvrages et de mémoires dont voici les plus importants :

2051. Scheiner, C. Rosa ursina, 4°, Bracciani, 1630. — Voir plus haut, § 163, n° 2003.

Cet ouvrage contient le germe d'un grand nombre de notions, passées aujourd'hui dans la science, à titre définitif.

2052. Hevelius, J. De magno et admirando lumine Solis, ejus maculis ac faculis, de naturâ earum, et quomodo illae diverso, novo facilique modo queant observari.

Forment le Cap. v, p. 76-108, de sa Selenographia sive Lunae descriptio, fol. Gedani, 1647.

2053. Rost, J. L. Astronomisches Handbuch ; 4°, Nürnberg, 1718. — Voir plus haut, § 52, n° 167.

2054. Zucconi, L. De heliometri structura et usu ; 4°, Venetiis, 1760.

2055. Thiele, T. N. De macularum Solis antiquioribus quibusdam observationibus Hafniae institutis. AN, L, 1859, 257.

Résumé des observations des taches du Soleil, faites à Copenhague, par *C. Horrebow*, de 1761 à 1776, d'après les manuscrits.

2056. Fritsch, J. H. Beobachtungen über die Sonnenflecken. BaJ, 1802 et années suivantes, jusqu'en 1821.

2057. Stark, J. M. Meteorologisches Jahrbuch ; 4°, Augsburg. — Années 1815 à 1836.

2058. Thilo, L. De tabulis iconographicis quibus maculae Solis mensibus anni 1826 sex posterioribus et anni 1827 sex prioribus a *T. a Soemmering* observatae adumbrantur ; 4°, Francofurti ad Moenum, 1828.

2059. Schwabe, H. Beobachtungen der Sonnenflecken.

Annuellement dans les AN, à partir du vol. XVI, jusqu'au vol. LXXIII. Observations importantes, qui embrassent les années 1838 à 1868.

2060. Herschel, J. F. W. Observations of the solar spots.

Dans ses Results of astronomical observations made... at the Cape of Good Hope, 4°, London, 1847 ; p. 431. Ces observations sont accompagnées de remarques sur l'origine et la nature des taches.

2061. Wolf, R. Sonnenfleckenliteratur. Wolf, Mth, I-VI, 1856-1882.

Il y a des tables de plus de quatre cents articles distincts dont se composent les notes placées sous ce titre, dans le vol. VI, 1882, p. 136-144 (n° LIV). L'une de ces tables est dressée par ordre chronologique des observations, l'autre par ordre alphabétique des observateurs.

2062. Schmidt, J. F. J. Resultate aus elfjährigen Beobachtungen der Sonnenflecken ; 4°, Wien und Olmutz, 1857.

2063. Secchi, A. Observations des taches et facules du Soleil. Roma, Mem_3, années 1857-59, p. 25 ; 155.

2064. **Carrington, R. C.** Observations of the spots on the Sun from November 9, 1853, to March 24, 1861, made at Redhill; 4°, London & Edinburgh, 1863.

2065. **Lockyer, J. N.** Spectroscopic observations of the Sun. London, Pro, XV, 1867, 256; London, PTr, 1869, 425; London, Pro, XVII, 1869, 350, 415; XVIII, 1870, 74, 545. — Reproduit dans ses Contributions to solar physics, 8°, London, 1874; p. 455, 459, 477, 488, 493, 516.

2066. **De la Rue, W., Stewart, B. & Loewy, B.** Researches on solar physics. London, PTr, 1869, 1; 1870, 389.

Ces deux mémoires contiennent, pour les années 1862 et 1863, et pour les années 1864 à 1866, les positions et les aires des taches du Soleil, relevées sur les photographies prises à l'Observatoire de Kew. A la fin du second, on trouve aussi un aperçu des aires occupées par les taches, depuis 1832 jusqu'en mai 1868.

2067. **Respighi, L.** Osservazioni spettroscopiche del bordo e delle protuberanze solari.

Dans : Roma, Att, XXIII, 1869; puis Att'₁, XXIV, XXV et XXVI, et Att'₂, I et II, 1875.

2068. **Bond, W. C.** Observations of the solar spots. Cambridge (U. S.), Ann, VII, 1871.

2069. **Tacchini, P.** Regioni del magnesio al disco solare.

Dans : Spettr, Ital, Mem, à partir du vol. I, jusqu'au vol. VII. Observations spectroscopiques pendant les années 1872-1877.

2070. **Tacchini, P.** Macchie solari [e facole].

Dans : Spettr. Ital, Mem, à partir du vol. I, jusqu'au vol. X [en cours de publication]. Observations des taches du Soleil, pendant les années 1871-1881, d'abord à Palerme, puis à Rome.

2071. **Spoerer, G.** Beobachtungen der Sonnenflecken zu Anclam; 2 part. 4°, Leipzig, 1874-1876. — Formant « Publication XIII », et « Fortsetzung der Publication XIII », de l'Astronomische Gesellschaft.

2072. **Bredichin, T.** Observations spectroscopiques du Soleil.

Dans : Moscou, Ann, à partir du vol. I, jusqu'au vol. VII. Observations de 1873 à 1880, avec dessins des protubérances.

2073. **Secchi, A.** Osservazioni delle protuberanze solari fatte all'Osservatorio del Collegio Romano.

Dans : Spettr. Ital, Mem, dans les vol. IV, V et VI. Observations des protubérances pendant les années 1871-1876.

2074. **Tacchini, P.** Osservazioni solari spettroscopiche e dirette.

Dans : Spettr. Ital, Mem, à partir du vol. V jusqu'au vol. X [en cours de publication]. Observations des années 1876-1881.

§ 169. CONSTITUTION PHYSIQUE.

C'est par l'observation souvent répétée de l'aspect du Soleil et des changements qui s'y passent, qu'on est parvenu à se former quelques notions, relativement à la constitution physique de cet astre. Les premières théories des taches étaient fort vagues. *Galilée* (Istoria e dimostrazioni, 4°, Roma, 1613; let. I. — Reproduit : Galilei, Ope, III, 1843, voir p. 394) les regardait comme des fumées ou des écumes. *Kircher* (Mundus subterraneus, 2 vol. fol., Amstelodami, 1665-1678) les traite comme s'il s'agissait de volcans. C'est ainsi, par exemple, qu'il les dessine, sur la planche de cet ouvrage intitulée « Schema corporis solaris Romae anno 1635 observatum, » reproduite récemment dans : Spettr. Ital, Mem, V, 1876, 135, tav. LXXVII. *Lahire* (Paris, H et M, 1700, his, 118; 1702, 138) voyait dans les taches des éminences, qui s'élèvent au-dessus d'un océan à niveau variable.

W. Herschel, dans le mémoire des Philosophical Transactions de 1801, cité au § 163, sous le n° 2007, avait cherché à se rendre compte des phénomènes qui se passent dans le Soleil. Mais la plupart des astronomes s'arrêtèrent à l'examen matériel des détails, jusqu'à l'époque où l'observation réitérée des protubérances rouges, pendant les éclipses totales, vint ranimer l'intérêt. C'est alors que parut l'article :

2075. **Arago, F.** Sur l'éclipse totale du 8 juillet 1842. Paris, ABL, 1858, 271.

Cette notice est l'une des premières où l'on ait considéré dans des vues d'ensemble la constitution physique du Soleil.

Depuis lors, on a cherché à décrire les conditions dans lesquelles se trouve le globe solaire. Mais c'est surtout depuis l'application de la spectroscopie à l'étude du Soleil, que notre connaissance de cet astre a pris un nouvel essor. Voici la liste des ouvrages descriptifs les plus intéressants ou les plus connus, dans lesquels on pourra suivre le développement des idées, concernant le corps principal de notre système :

2076. **Woechel, L.** Die Sonne und ihre Flecken; 4°, Nürnberg, 1846.



2077. Mädler, J. H. Sonne und Mond; 8°, Leipzig, 1852.

Traduction.

Zon en Maan (par *M. J. Van Oven*); 12°, Amsterdam, 1852.

2078. Peters, C. H. F. Contributions to the atmospherology of the Sun. Proceedings of the American Association for the advancement of science, 8°, Washington; année 1855, p. 85.

2079. Wolf, R. Die Sonne und ihre Flecken; 8°, Zürich, 1861.

2080. Gautier, E. De la constitution du Soleil. Arc_2, XVIII, 1863, 209; XIX, 1864, 263; XXIV, 1865, 21; XXXV, 1869, 257.

2081. Carl, P. Eine Uebersicht der Resultaten, welche die seitherigen Forschungen über die Sonnenkörper ergeben haben; 8°, München, 1864. — Réimpr. 8°, München, 1868.

2082. Littrow, C. L. von. Die Sonne. Kal, 1864, 97; 1865, 77; 1871, 1.

2083. Meibauer, R. O. Ueber die physische Beschaffenheit der Sonne; 4°, Berlin, 1866.

2084. Donati, G. B. Dei fenomeni solari in relazione con altri fenomeni cosmici; 8°, Urbino, 1869.

2085. Guillemin, A. Le Soleil; 8°, Paris, 1869. — Réimprimé plusieurs fois : 3e édit., 1873.

Traduction.

The Sun (par *T. L. Phipson*); 8°, London, 1870.

2086. Secchi, A. Le Soleil, exposé des principales découvertes modernes sur la structure de cet astre, son influence dans l'univers et ses relations avec les autres corps célestes; 8°, Paris, 1870. — 2e édit., 8°, avec atlas 4°, Paris, 1875.

Traduction.

Die Sonne, die wichtigeren neuen Entdeckungen über ihren Bau, ihre Strahlungen, ihre Stellung im Weltall und ihr Verhältniss zu den übrigen Himmelskörpern (par *H. Schellen*); 8°, Braunschweig, 1872.

2087. Zöllner, J. C. F. Ueber die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne. Leipzig, Ber, XXII, 1870, 103; XXV, 1873, 112, 158. — Reproduit partiellement : *Zöllner*, Ueber die Natur der Cometen, 8°, Leipzig, 1872; p. 485. Reproduit intégralement dans ses Wissenschaftliche Abhandlungen, 8°, Leipzig; vol. IV, 1881.

2088. Respighi, L. Sulla costituzione fisica del Sole. Roma, Att'_1, XXIV, 1871, 266.

2089. Proctor, R. A. The Sun, ruler, light, fire, and life of the planetary system; 8°, London, 1871. — Réimprimé plusieurs fois : 3e édit., 1876.

2090. Reye, T. Erklärung der Sonnenflecken.

Dans son ouvrage : Die Wirbelstürme, Tornados und Wettersäulen, 8°, Hannover, 1872; p. 178. — Et dans la 2e édit., 8°, Hannover, 1880; p. 178.

2091. Faye, H. Sur la constitution physique du Soleil. Paris, ABL, 1873, 443; 1874, 407.

2092. Hirsch, A. Die Sonne; 8°, Basel, 1875.

2093. Janssen, J. Sur les progrès récents de la physique solaire. Paris, ABL, 1879, 622.

2094. Flammarion, C. Études et lectures sur l'Astronomie; 9 vol. 12°, Paris, 1867-1880. — Le tome IX, 1880, contient une étude sur la constitution physique du Soleil.

2095. Stokes, G. G. Solar physics. Nature, 4°, London; vol. XXIV, 1881, p. 593, 613.

Deux conférences au South Kensington Museum, résument ses idées sur la constitution physique du Soleil.

2096. Abney, W. Solar physics. Nature, 4°, London; vol. XXV, 1881, 162...

2097. Young, C. A. The Sun; 12°, New York, 1882.

Le Soleil comme agent de vie et d'activité sur la Terre, sa distance et ses dimensions, les moyens d'étudier sa surface; spectroscope et spectre solaire, taches, leur périodicité, chromosphère et protubérances, couronne; vie et chaleur du Soleil, résumé.

Les différentes théories qui ont été proposées pour expliquer l'origine de la chaleur du Soleil, sont passées en revue dans le chapitre VIII de l'ouvrage de *Proctor*, The Sun, 8°, London, 1871; 3e éd., 1876 (voir plus haut, n° 2089).

Une des théories concernant l'origine de la chaleur solaire, qui occupe le plus de place dans les préoccupations des astronomes, est celle qui prend pour point de départ la chute dans le Soleil de corps extérieurs. Elle remonte à Newton qui, en considérant l'effet de la résistance d'un milieu sur le mouvement d'une comète, a dit « singulis revolutionibus accedendo ad Solem, incidet is tandem in corpus Solis » (Newtonus, PPm, lib. III, prop. 42).

On a pensé que la chute de ces corps étrangers entretient la haute température du Soleil. Cette théorie se trouve magistralement exposée dans :

2098. Thomson, W. Note on the meteoric theory of the Sun's heat. Transactions of the Glasgow geological Society, 8°, Glasgow; vol. III, 1871, p. 239.

La question de savoir si la chute de ces corps cause les taches, a fait récemment l'objet d'une notice de *R. Tumine*, dans Bruxelles, Ann, 1882, 204.

Sur l'idée, émise à diverses époques, que le Soleil est de la nature des étoiles, on peut voir :

2099. Arago, F. Notice sur les observations qui ont fait connaître la constitution du Soleil et celles de diverses étoiles. Paris, ABL, 1852, 525. — Reproduit : Arago, OEu, VII, 1858, 112.

L'auteur y considère, dans l'histoire de la science, l'idée de l'assimilation du Soleil aux étoiles.

On verra, dans le même ordre d'idées :

2100. Stoney, J. On the physical constitution of the Sun and stars. London, Pro, XVI, 1868, 25; XVII, 1869, 1.

CHAPITRE IX.

PLANÈTES INTRA-MERCURIELLES.

---

§ 170. EXISTENCE DE PLANÈTES INTRA-MERCURIELLES.

Jusqu'ici, l'existence d'aucune planète intra-mercurielle n'est positivement constatée. Les faits sur lesquels on s'appuie pour soutenir que des corps d'une nature planétaire se meuvent au dedans de l'orbite de Mercure, sont de plusieurs espèces. *Le Verrier* a trouvé, par exemple, que pour satisfaire aux observations de Mercure, il faut ajouter 38″ par siècle au mouvement du nœud de cette planète. (Paris, Crb, [périhélie]
XLIX, 1859, 379). Cette circonstance pourrait s'expliquer par l'action d'un ou de plusieurs corps, se mouvant à l'intérieur de l'orbite de Mercure.

Toutefois *Newcomb* a fait remarquer (AJl, VI, 1861, 162) que la même action qui accélérerait le périhélie de 38″, ferait rétrograder le nœud de 54″, ce que l'on n'observe pas.

Dès 1860, le nom de « Vulcain » avait été attribué à la planète inconnue. On le trouve notamment employé par *Holz*, à l'occasion d'une note de *Radau* (WfA, III, 1860, 96).

L'hypothèse de l'existence de planétoïdes intra-mercuriels repose, d'autre part, sur deux espèces d'indices plus directs : le passage de corps inconnus devant le disque du Soleil, et l'apparition, pendant les éclipses totales, d'astres difficiles à identifier.

§ 171. CORPS VUS DEVANT LE SOLEIL.

La plus ancienne observation de ce genre remonte seulement à 1761, époque où *Schenten*, observant à Crevelt, vit un corps étranger passer sur le disque du Soleil (Bal, 1778, 186). Depuis lors cette circonstance s'est reproduite à différentes reprises. On trouvera des listes de plus en plus étendues de cette espèce d'observations dans les notices suivantes :

2101. Benzenberg, J. F. Ueber die dunkeln Körper, die man zuweilen vor der Sonne hergehen sieht.

Dans son ouvrage : Die Sternschnuppen sind Steine aus den Mondvulkanen, 8°, Bonn, 1834; p. 48.

2102. Wolf, R. ... Vulkan und die problematischen Durchgänge durch die Sonne.

Dans son Handbuch der Mathematik, 2 vol. 8°, Zürich; vol. II, 1872, p. 326.

2103. Haase, C. Einige Zusammenstellungen als Beitrag zu der Frage, ob ausser Merkur und Venus in dem Raume zwischen Sonne und Erde noch andere planetenartige Körper vorhanden sind. ZfM, II, 1861, 165; III, 1864, 1.

Le tableau des observations qui étaient alors connues se trouve au vol. II, p. 134. — Ce travail a été tiré à part, 8°, Hannover, 1864.

2104. Le Verrier, U. J. Examen des observations qu'on a présentées, à diverses époques, comme pouvant appartenir aux passages d'une planète intra-mercurielle devant le disque du Soleil. Paris, Crh, LXXXIII, 1876, 583, 621, 647, 719.

2105. Webb, T. W. Opaque bodies seen traversing the Sun.

Dans son ouvrage : Célestial objects for common telescopes, 16°, London; 3e édit., 1873, p. 40; 4e édit., 1881, p. 41.

2106. [Klein, H. J.] Wiederum der intramerkuriale Planet. Sirius, Zeitschrift für populäre Astronomie, 8°, Leipzig; vol. XI, 1878, 193.

Von *Oppolzer* a cru qu'il était possible d'expliquer, par le mouvement d'une planète, les observations de corps aperçus devant le Soleil, aux époques de mars et d'octobre. Il représente assez bien huit de ces passages par l'orbite suivante (Paris, Crh, LXXXVIII, 1879, 26) :

Époque	1850,0
Anomalie moyenne	356° 0'
Longitude du périhélie.	27 45
Longitude du nœud ascendant	178 0
Inclinaison.	7 0
Moyen mouvement diurne	23 47 22,3

Il en résulte une distance au Soleil de 0,1252, celle de la Terre à cet astre étant l'unité.

B. Stewart a cru pouvoir annoncer à la British Association, en 1881, qu'on trouve dans les taches du Soleil une perturbation, indiquant l'existence d'une planète intra-mercurielle de 24j,011 de révolution, et par suite de 0,165 de distance moyenne (Les Mondes, revue hebdomadaire des sciences et de leurs applications, 8°, Paris; t. LVI, 1881, p. 247).

Dans le travail suivant l'auteur conclut, au contraire, à un anneau de corpuscules circulant autour du Soleil :

2107. Tisserand, F. Notice sur les planètes intra-mercurielles. Paris, ABL, 1882, 729.

On a quelquefois signalé le passage devant le Soleil de globules noirs, formant des espèces d'essaims. On peut voir à ce sujet une observation de *Messier* de 1777 (Paris, H & M, 1777, 464), deux de *H. Weber* de 1869 (WfA, XII, 1869, 279) et de 1876 (WfA, XIX, 1876, 254), et enfin une de *Gruey* de 1874 (Paris, Crh, LXXIX, 1874, 602).

Il ne faut pas cependant attribuer à ces observations une portée absolue au point de vue astronomique. Des astronomes experts ont reconnu, en plusieurs circonstances, que les objets passant devant le Soleil, et qu'ils prenaient d'abord pour des corps cosmiques, se mouvaient simplement dans notre atmosphère. Deux observations de ce genre ont été faites, en 1869, l'une en Italie, l'autre dans l'Inde. Dans le premier cas, *C. H. F. Peters* a reconnu des oiseaux dans les corpuscules qu'il avait vu passer, à Naples, devant le Soleil (ANa, LXXIV, 1869, 29). Dans le second cas, *J. Herschel* s'est assuré que les objets qu'il avait observés, noirs par projection sur le Soleil, et brillants en dehors du disque, n'étaient autre chose que des sauterelles (London, MN, XXX, 1870, 157).

Il y a d'ailleurs, dans notre atmosphère, des objets flottants de différente nature. Dans les observations de jour, on voit passer des points clairs dans le télescope. Consultez à ce sujet :

2108. Göbel, D. W. Ueber helle Funcken in Fernröhren bei Sonnenbeobachtungen. ANa, VI, 1828, 485.

Il explique les points brillants qu'on voit se mouvoir à côté de l'image solaire, par des grains de poussière, vivement éclairés dans la lumière concentrée au foyer, et se déplaçant par suite du courant d'air dont l'échauffement est cause.

2109. Waldner, H. Ueber Erscheinungen in der Atmosphäre nach Observationen. WfA, XII, 1869, 95.

Cet auteur attribue à des flocons de neige, élevés dans l'air, les points lumineux qu'on voit passer à côté du Soleil, sur le papier où l'on projette l'image télescopique de cet astre.

§ 172. ÉTOILES INCONNUES VUES PENDANT DES ÉCLIPSES TOTALES.

Pendant l'éclipse totale du 7 août 1869, trois observateurs, *Gilman*, *Vincent* et *Gould*, dont la station était à St. Paul Junction, aux États-Unis, aperçurent une étoile d'une identification douteuse. On peut voir à ce sujet la publication du U. S. Naval Observatory, Washington :

2110. *** Observations of the total eclipse of the Sun of Aug. 7, 1869; 4°, Washington, 1870.

Hind n'est pas éloigné de croire que l'étoile vue dans cette occasion était une planète intra-mercurielle (Nature, 4°, London; vol. XVIII, 1878, p. 662).

Ce ne fut toutefois qu'à l'éclipse du 29 juillet 1878, que *Watson*, qui observait à Separation, près Rawlins (Wyoming Territory), et *L. Swift*, dont la station était près de Denver, aperçurent une étoile (peut-être deux), qui ne purent pas être identifiées. Ces deux astronomes ont rendu compte de leurs observations, dans les articles ci-dessous :

2111. Watson, J. C. Discovery of an intra-mercurial planet. AJS$_3$, XVI, 1878, 230.

2112. Watson, J. C. On the intra-mercurial planets. AJS$_3$, XVI, 1878, 310.

2113. Swift, L. Letter relating to the discovery of intra-mercurial planets. AJS$_3$, XVI, 1878, 313.

Il faut maintenant attendre des recherches nouvelles.

CHAPITRE X.

MERCURE.

---

§ 173. MOUVEMENTS ET TABLES.

Nous avons rappelé au § 144, p. 347, les opinions des anciens, au sujet de la circulation de Mercure et de Vénus autour du Soleil. L'identification des étoiles qui faisaient des digressions de vingt à trente degrés, tantôt le matin, tantôt le soir, des deux côtés de cet astre, remonte à une très-haute antiquité. L'observation rigoureuse des mouvements de *Mercure* date d'une époque moins reculée.

La plus ancienne observation astronomique de cette planète, qui nous soit parvenue, se rapporte à l'an — 264. Au mois de novembre de cette année, suivant la concordance des dates établie par *Longomontanus* (Astronomia danica, fol., Amsterodami, 1622; theoric., lib. II, cap. 21), *Timocharis* avait relevé les configurations de Mercure avec certaines étoiles du Scorpion (Ptolemaeus, MCo, lib. IX, cap. 7, 10). *Ptolémée* observa, à son tour, le 2 février de l'an 132, la première digression de Mercure dont il soit fait mention dans les fastes de l'Astronomie (Ptolemaeus, MCo, lib. IX, cap. 7). En outre, il n'est pas improbable qu'une occultation de Mercure par la Lune ait été remarquée dans l'antiquité (von *Ende*, dans MCz, XXVII, 1813, 188). Dans les temps modernes, une observation d'une occurrence extrêmement rare, a été faite par *Bevis* le 17 mai 1737, à l'Observatoire de Greenwich : celle d'une occultation de Mercure par Vénus (London, PTr, 1738, 394; 1741, 630).

D'anciennes observations de Mercure, extraites par *E. Biot* de la collection des vingt-quatre historiens de la Chine, ont été comparées aux tables par *Le Verrier* (Paris, Crh, XVII, 1843, 732).

Il existe une bonne monographie de Mercure, bien qu'un peu succincte, dans

2114. Arago, F. Mercure. Arago, Apo, II, 1833, 433.

Indépendamment des recherches sur lesquelles étaient basés les résultats employés dans les tables générales, citées plus haut au § 156, les mouvements de Mercure ont été déterminés d'une manière spéciale par différents astronomes du siècle dernier.

Ainsi *Legentil* a fait une détermination particulière de la situation du plan de l'orbite (Paris, H & M, 1753, 269), qui lui donne pour l'inclinaison

$$i = 7^\circ\ 0'\ 15'' \text{ en } 1751,$$

et pour le mouvement séculaire du nœud

$$\delta☊ = 1^\circ\ 23'\ 41''.$$

De l'Isle a tiré des observations de *T. Brahé* la position du nœud au 22 janvier 1590 (Paris, H & M, 1758, 154), d'où résulte

$$\delta☊ = 1^\circ\ 1'\ 40''.$$

Lalande a recherché d'abord la plus grande équation du centre (Paris, H & M, 1756, 259), pour laquelle il a trouvé, par les observations des passages de 1740, 1743 et 1753 :

$$E = 23^\circ\ 27'\ 51'';$$

et par les digressions (Paris, H & M, 1767, 559) :

$$E = 23^\circ\ 40'\ 40''.$$

Il s'est arrêté plus tard (Paris, H & M, 1756, 292) au chiffre :

$$E = 23^\circ\ 40'\ 0''.$$

Lalande tirait aussi des passages le mouvement séculaire du nœud (Paris, H & M, 1756, 259),

$$\delta☊ = 1^\circ\ 13'\ 0''.$$

Enfin par une dernière discussion des passages devant le Soleil, il trouvait pour le mouvement séculaire du périhélie (Paris, Mém$_1$, I, 1798, 551),

$$\delta\Pi = 1^\circ\ 23'\ 20''.$$

Il y a un aperçu historique de von *Lindenau* sur la théorie et les tables de Mercure, dans MCz, XXIII, 1811, 205. Jusqu'à la fin du siècle dernier, les tables de cette planète étaient purement elliptiques. Les perturbations de Mercure sont, il est vrai, peu considérables. Voici l'indication des ouvrages où on les trouvera calculées :

2115. Oriani, B. De usu tabularum Mercurii ulterius promovendo. EpM, 1796, 35.

2116. Schubert, F. T. Sekular-Gleichungen des Merkurs.

Dans sa Theoretische Astronomie, 3 vol. 4°, St. Petersburg, 1798; vol. III, p. 230.

2117. Wurm, J. F. Störungen des Merkurs... berechnet. BaJ, 1801, 160.

2118. Laplace, P. S. de. Théorie de Mercure. Laplace, TMc, III, 1802, liv. VI, ch 8.

2119. Schubert, F. T. Inégalités séculaires de Mercure.

Dans son Astronomie théorique, 3 vol. 4°, Hambourg, 1834; vol. III, p. 377.

2120. Schubert, F. T. Inégalités périodiques de Mercure.

Dans son Astronomie théorique, 3 vol. 4°, Hambourg, 1834; vol. III, p. 380.

2121. Pontécoulant, G. de. Théorie de Mercure.

Dans son Exposition analytique du système du monde, 4 vol. 8°, Paris; t. III, 1834, p. 409.

2122. Le Verrier, U. J. Théorie du mouvement de Mercure. CdT, 1848, 3.

2123. Le Verrier, U. J. Théorie du mouvement de Mercure. Paris, MOb, V, 1859, 1, 183.

2124. Lehmann, W. Saecularstörungen des Mercurs. ANa, LX, 1863, 293.

Nous avons mentionné dans le chapitre précédent que, suivant *Le Verrier* (Paris, Crh, XLIX, 1859, 379), on ne peut représenter les observations de Mercure qu'en ajoutant 38" par siècle au mouvement de son périhélie, tel qu'il résulte de la théorie de la gravitation (voir plus haut, § 170).

Les tables de Mercure, postérieures à la publication des Principia de *Newton*, sont d'abord celles insérées dans les recueils généraux de *Lahire*, de *Halley*, de *J. Cassini* et de *Lalande*, dont il a été parlé au § 156, p. 381. Ce sont ensuite :

2125. Hell, M. Tabulae planetarum . . . et Mercurii, 8°, Viennae, 1764.

2126. [Lalande, J. J. de.] Tables du mouvement de Mercure, dressées en 1764. CdT, 1767, 97.

Ces tables offrent la particularité que l'équation du centre est donnée pour deux valeurs de l'excentricité.

2127. Triesnecker, F. v. P. Tabulae novae Mercurii ex elementis T. Mayeri supputatae. EpV, 1788, 419. — Reproduit : BaJ, 1789, 248. — 2e édit. revue, EpV, 1806.

Il y a un supplément à la 1re édition, dans EpV, 1789.

2128. Lalande, J. J. de Nouvelles tables de Mercure. CdT, 1789, 235.

Ce sont les tables reproduites, en 1792, dans la 3ᵉ édition de son Astronomie.

2129. Oriani, B. Theoria planetae Mercurii; 8°, Mediolani, 1798.

Réimpression d'articles des EpM. Des tables pour la longitude de Mercure y occupent 58 pages.

2130. Lindenau, B. von. Investigatio nova orbitae a Mercurio circa Solem descriptae; 4°, Gothae, 1813.

Ce volume contient une recherche complète des corrections des éléments de l'orbite, et des tables (p. j-xliv).

2131. Le Verrier, U. J. Tables générales du mouvement de Mercure. Paris, MOb, V, 1859, 107.

2132. Winlock, J. Tables of Mercury, for the use of the American Ephemeris and Nautical Almanac; 4°, Washington, 1864.

Ces tables ne reposent pas sur une étude indépendante des mouvements de Mercure, mais seulement sur la théorie de cette planète publiée par *Le Verrier* dans la CdT, mentionnée plus haut.

Nous allons rapporter les deux systèmes d'éléments qui ont servi de base aux tables de Mercure les plus réputées du XIXᵉ siècle.

Nous désignons par t le temps écoulé depuis l'époque, en années juliennes.

Éléments de von Lindenau (Investigatio nova orbitae a Mercurio circa Solem descriptae; 4°, Gothae, 1813) :

Époque 1800, 0ʲ 0ʰ, t. m. Seeberg.

Longitude moyenne	166°	4′	46″,3	+ 5 381 006″,7	t,
Longitude du périhélie	74	20	0	+ 56,03	t,
Longitude du nœud ascendant . .	45	57	0	+ 42,15	t,
Plus grande équation du centre .	23	40	43,5	+ 0,016	t,
Inclinaison	7	0	0,0	+ 0,185	t.

Mouvement en 100 ans juliens.

De la longitude moyenne	74° 4′ 35″,0
De la longitude du périhélie	1 33 23
De la longitude du nœud	1 10 15

Éléments de Le Verrier (Paris, MOb, V, 1859, 107, 109, 133) :

Époque 1850, 1ᵉʳ janvier à midi, t. m. Paris.

Longitude moyenne	327°	15′	20″,43	+ 5 381 006″,344 9	t	+ 0″,000 112 60 t^2,
Longitude du périhélie	75	7	13,93	+ 55,913 8	t	+ 0,000 111 1 t^2,
Longitude du nœud ascendant .	46	33	8,75	+ 42,643 0	t	+ 0,000 063 5 t^2,
Plus grande équation du centre .	23	40	38,01	+ 0,005 1	t	+ 0,000 003 6 t^2,
Inclinaison	7	0	7,71	+ 0,063 14	t	+ 0,000 005 6 t^2.

Mouvement en 100 ans juliens.

De la longitude moyenne	74° 4′ 14″,490 9
De la longitude du périhélie	1 33 11,380
De la longitude du nœud	1 11 4,300

§ 174. PASSAGES DEVANT LE SOLEIL.

En 1607, *Képler* (Phaenomenon singulare seu Mercurius in Sole, 4°, Lipsiae, 1609. — Reproduit : Keplerus, Opa, II, 1859, 793) avait cru à tort apercevoir Mercure sur le Soleil. Il est probable que de fortes taches existaient alors sur le disque de cet astre.

Képler fut plus heureux dans l'annonce qu'il fit du passage de 1631 (Admonitio ad astronomos, 4°, Lipsiae, 1629. — Reproduit : Keplerus, Opa, VII, 1868, 589). Ce passage fut observé, le 9 novembre, par *Gassendi* (Mercurius in Sole visus, 4°, Parisiis, 1632. — Reproduit : Gassendus, Opa, IV). L'entrée toutefois avait été manquée, et ce fut *Halley* qui observa le premier passage complet, à Sᵗᵉ-Hélène, en 1677.

Les périodes qui ramènent les passages de Mercure ont été indiquées avec beaucoup de précision par *Képler* (Admonitio citée plus haut). Elles ont été exposées plus tard avec plus de détails par *Halley* (London, PTr, 1691, 511).

Pour la bibliographie relative à ces passages, on trouvera les renseignements dans

2133. Holden, E. S. Index-catalogue of books and memoirs on the transits of Mercury; 8°, Cambridge (Mass.), 1878.

Formant le nᵒ 1 des Bibliographical contributions edited by *J. Winsor*.

Nous avons parlé au § 133, p. 324, des phénomènes optiques que l'on observa dans les passages des planètes inférieures devant le Soleil. C'est là qu'on trouvera les sources à consulter sur ces apparences. En ce qui concerne plus particulièrement les passages de Mercure, on pourra voir

2134. Schroeter, J. H. Die Erscheinungen des Merkur auf der Sonne.

Dans ses Neueste Beyträge zur Erweiterung der Sternkunde, 8°, Göttingen, 1800, p. 26.

2155. Hell, G. On the transit of Mercury of May 5, 1832. London, MAS, VI, 1833, 111.

Et l'article de *Nieston* déjà cité sous le nº 1700.

§ 175. DIAMÈTRE.

Mercure est une des planètes dont le diamètre a été le plus fréquemment mesuré; ce diamètre est cependant un de ceux au sujet desquels existent les discordances les plus considérables.

Valeurs attribuées au diamètre de Mercure.

(A la distance moyenne de la Terre au Soleil.)

Avant l'invention du télescope.

900 ∓	Alfragan. (Elementa astronomica [A], diff. XXII.)	78,2
880 ∓	Albategnius. (De motu stellarum [A], cap. 20.)	125,33
1528.	Fernel. (Cosmotheoria, fol., Parisiis; libr. I.)	132
1528.	Urstitius. (Theoricae novae planetarum Purbacchii; 8º, Basileae.)	420
1570.	E. Danti. (Le scienze matematiche ridotte in tavole, 4º, Bologna, 1577; nº XXII.)	132
1580.	Magini. (Novae coelestium orbium theoricae; 4º, Venetiis.) . .	420
1590 ∓	Lansberg. (Uranometria, 4º, Middelburgi, 1631, lib. III.) . .	120
1602.	T. Brahe. (Brahaeus, AIP, 1602, 468. — Brahe, Opa, 1648, I, 294.)	130

En faisant usage du télescope.

1630.	Van den Hove [Hortensius]. (Cité par *Gassendi*, Institutio astronomica, lib. III, cap. 11. — Reproduit : Gassendus, Opa, IV.)	10
1631.	Gassendi. (Epistola ad Schickardum de Mercurio in Sole viso et Venere invisa; 4º, Parisiis, 1632. — Reproduit : Gassendus, Opa, IV.)	12,3
1647.	Hevelius. (Selenographia, fol., Gedani; cap. 4.)	17
1651.	F. M. Grimaldi. (Riccioius, Alm, I, 703.)	13,3
1661.	Huygens. (Cité par *Streete*, Astronomia carolina, édit. latine, 4º, Norimbergae, 1705; p. 96.)	9

1672.	Flamsteed. (Historia coelestis, 3 vol. fol., Londini, 1725; t. I, p. 17.)	10"
1677.	Gallet. (JdS₁, 1677, 349.)	10,2
1697.	J. D. Cassini, sur le Soleil, au passage de cette année. (Paris, H & M, 1723, 271; 1743, 424.)	8,62
1710.	Pound, sur le Soleil. (Cité par Le Monnier, Ins, 1746, 174.) . .	17,6
1723.	J. Cassini, sur le Soleil, au passage du 9 novembre de cette année. (Paris, H & M, 1723, 271.)	7,33
1723.	De l'Isle, sur le Soleil, par le même passage. (Ibid., 328.) . .	7,125
1723.	Bradley, au même passage, en faisant usage d'une lunette de 36ᵐ,6. (London, PTr, 1724, 229.)	7,34
	Réduit par *Lagrange*. (Berlin, Mem₁, 1782, 169, art. 13. — Lagrange, OEu, V, 1870, 254.)	7,27
1736.	J. Cassini, par le temps d'entrée sur le Soleil, au passage de 1736. (Cassini, Elm, 1740, 580.)	6,67
1736.	Manfredi, sur le Soleil, au passage de 1736. (Paris, H & M, 1736, 551.)	6
1740.	Winthrop, par la durée de sortie au passage de 1740. (London, PTr, 1743, 572.)	6,98
1743.	J. D. Maraldi, par la durée de sortie, au passage de cette année. (Paris, H & M, 1743, 287.)	6,83
1743.	Le Monnier, sur le Soleil, au passage de cette année. (Paris, H & M, 1743, 359.)	6,57
1743.	J. Cassini, sur le Soleil, au passage de cette année. (Paris, H & M, 1743, 389.)	6,0
1743.	Manfredi, sur le Soleil, par le passage de cette année. (Paris, H & M, 1743, 424.)	8,51
1743.	Vandellius, sur le Soleil, par le passage de cette année. (Paris, H & M, 1743, 424.)	10,55
1753.	J. J. de Lalande, sur le Soleil, par des mesures à l'héliomètre. (Paris, H & M, 1754, 599.)	6,5
1753.	Wargentin, sur le Soleil, au passage de cette année. (Stockholm, Hdl₁, 1753, 219. — En allemand : Hdl'₁, 1753, 222.) . .	9

1786. *J. J.* DE LALANDE, en discutant le passage de 1782. (Paris, H & M, 1786, 259. — Confirmé : Paris, H & M, 1782, 305.) . . .	6,9
1786. OBSERVATEURS de Pennsylvanie, par des mesures sur le Soleil, calculées par *Wurm*. (BaJ, 1797, 144.)	8,22
1782. WILLIAMS & WINTHROP, sur le Soleil. (Paris, H & M, 1782, 649.)	9,42
1782. MESSIER, sur le Soleil. (Paris, H & M, 1782, 662.)	11,5
1782. WALLOT, micrométriquement, sur le Soleil. (BaJ, 1788, 150.)	6,485
1782. VON ZACH, par le temps d'entrée, lors du passage de cette année. (London, PTr, 1785, 152. — Comparez : BaJ, 1788, 150.)	6,046
1786. MESSIER, calculé par *Delambre*. (EpH, 1789, 253.)	7,5
1786. KÖNIG, par la durée d'entrée sur le Soleil, calculs de *Fixlmillner*. (Acta astronomica cremifanensia, 4°, Styrae, 1791 ; p. 149.)	6,17
1786. MASKELYNE, par 11 mesures à l'héliomètre. (Maskelyne, Obs, II, 1786, 389.)	10,7
1786. LINDLEY, par 24 mesures semblables. (Ibid.)	11,38
1787. HELL, sur le Soleil, au passage de cette année. (EpV, 1790, 365.)	10
1789. PIGRAM, à l'héliomètre, au même passage. (EpV, 1790, 374.)	15
1800. WURM, en calculant les observations micrométriques faites à trois différents passages. (BaJ, 1803, 167.) — Passage de 1786. .	6,145
— de 1789. .	6,060
— de 1799. .	5,978
1801. SCHROETER, au micromètre. (Hermographische Fragmente, 8°, Göttingen, 1816 ; p. 63.)	6,62
1804. WURM, par 200 observations, tant micrométriques que des durées d'entrée ou de sortie. (BaJ, 1807, 165.)	6,01
1832. MÄDLER, par des mesures micrométriques pendant le passage de cette année. (ANn, X, 1833, 143.)	5,8165
1832. BESSEL, d'une manière semblable. (ANn, X, 1833, 191.) . . .	6,6074
1832. GAMBART, d'une manière semblable. (ANn, X, 1833, 260.) . .	5,184
1832. SANCHEZ, SHIRREFF & MORTESE, d'une manière semblable [après réduction]. (London, MAS, VI, 1833, 260.)	6,724
1854. *J. F. J.* SCHMIDT, par 14 mesures micrométriques. (ANn, LXV, 1865, 97.)	6,484
1855. MAIN, à l'aide du micromètre à double image. (London, MAS, XV, 1855, 45.)	6,60

1859. LE VERRIER, par les observations des passages sur le Soleil. (Paris, MOb, V, 1859, 182.)	6,68
1861. VON PARPART, à l'aide du micromètre filaire [après réduction]. (ANn, LVII, 1862, 10.)	6,70
1878. TODD, sur le Soleil, pendant le passage observé à Washington. (ANn, XCII, 1878, 384.)	6,60
1878. CRULS, par des mesures pendant le passage de cette année. (Annales de l'Observatoire de Rio de Janeiro, 4°, Rio de Janeiro ; t. I, 1881, p. 116.)	6,018

Schroeter (Astronomische neueste Beiträge, 8°, Göttingen, 1800 ; p. 180) regardait l'aplatissement de Mercure comme insensible. *W. Herschel* (London, PTr, 1803, 214) trouvait le disque de la planète parfaitement rond, lors du passage devant le Soleil, arrivé en 1802. Mais en 1832, *W. Simms* (London, MAS, V, 1833, 332) faisait monter l'aplatissement à $\frac{1}{29,3}$.

§ 176. MASSE.

Les premières valeurs de la masse de Mercure dont on a fait usage étaient purement hypothétiques. *L. Euler* avait supposé (Paris, Rec, VIII, 1771, 123), en l'absence de données positives, que les densités des planètes étaient proportionnelles aux racines carrées de leurs mouvements moyens. La masse de Mercure, calculée dans cette hypothèse, s'est trouvée considérablement trop élevée.

La première détermination expérimentale de cette masse ne remonte, comme on le voit ci-dessous, qu'à 1841.

Valeurs trouvées pour la masse de Mercure.

1841. ENCKE, par les perturbations éprouvées entre 1832 et 1838 par la comète qui porte son nom. (Berlin, Ber, 1842, 31 ; aussi ANn, XIX, 1842, 189.)	$\frac{1}{[illegible]}$
1842. R. W. ROTHMAN, par le mouvement du périhélie de Vénus. (London, MN, V, 130.)	$\frac{1}{[illegible]}$
1861. LE VERRIER, par les perturbations de Vénus. (Paris, MOb, VI, 92.)	$\frac{1}{[illegible]}$
1861. LE VERRIER, par les perturbations de la Terre. (Ibid., VI, 306.) . .	$\frac{1}{[illegible]}$
1876. VON ASTEN, par les perturbations de la comète de Encke de 1819 à 1868. (Saint-Pétersbourg, Mem, XXVI, 1879, n° 2, 98, 100.)	$\frac{1}{[illegible]}$
1881. TISSERAND, par les perturbations de Vénus. (Paris, Crh, XCII, 656.)	$\frac{1}{[illegible]}$

Il y a entre ces déterminations moins d'accord qu'on ne serait en droit de l'espérer.

§ 177. ROTATION.

Jusqu'à la fin du siècle dernier, on n'avait pas réussi à observer la rotation de Mercure. *Vidal*, qui avait beaucoup observé cette planète près de sa conjonction, concluait des diminutions d'éclat offertes par le disque en certains instants, que Mercure a de grandes parties plus sombres, et il soupçonnait une rotation soit de 48h, soit de 10h (Allgemeine geographische Ephemeriden, 8°, Weimar; vol. III, 1799, p. 634). Mais ce fut *Schroeter* qui fit, en 1800, la première observation positive de la rotation, d'après les retours de la corne australe à une même figure arrondie (MCz, I, 1800, 374). Le calcul de ses observations a été repris plusieurs fois.

Valeurs attribuées à la durée de rotation de Mercure.

1801.	SCHROETER, d'après ses observations et celles de *Harding* sur la troncature de la corne australe. (MCz, IV, 221. — Aussi BaJ, 1804, 96.)	24h 5m 30s
1810.	BESSEL, par cinq observations de *Schroeter* sur l'émoussement de la corne australe, en 1800 et 1801, embrassant un intervalle de 14 mois. (BaJ, 1813, 253.).	24 0 52,97
1816.	SCHROETER, par une moyenne entre ses calculs et ceux de *Bessel*, relatifs à ces observations. (*Schroeter*, Hermographische Fragmente, 8°, Göttingen; p. 291.)	24 0 50,20

En mai et juin 1801, *Schroeter* a distingué sur le disque de Mercure, une bande restée visible pendant 47 jours consécutifs. Il conclut de ces observations (Hermographische Fragmente, p. 126) que l'obliquité de l'équateur de Mercure sur son orbite est de 20° environ. Il n'a pas calculé la position du nœud. Si l'on admettait que Mercure était au nœud vers le 1er juin 1801, époque moyenne (ou à peu près) des observations de cette bande, la longitude du nœud ascendant de l'équateur sur l'orbite serait d'environ 70°. Nous n'indiquons ce résultat que sous toute réserve.

§ 178. LUMIÈRE ET PHASES.

Il était naturel de chercher à suivre Mercure aussi près que possible du Soleil. Les anciens s'y étaient appliqués, et l'on avait pu voir cette planète, nous dit *Bède*, qui était du VIIIe siècle, jusqu'à 2 ½° du Soleil (*Beda*, De mundi coelestis terrestrisque constitutione, dans ses Opera, édit. fol., t. I).

Depuis l'invention du télescope, on a pu aller beaucoup plus loin. *De Grainderge* (Mercurius invisus, sed tamen prope Solem observatus, 4°, Cadomi, 1674) continuait à le voir longtemps, dans le voisinage de ses conjonctions. Mais *Vidal*, qui s'était adonné aux observations méridiennes de cette planète, et que *Lalande* avait surnommé « hermophile, » a suivi Mercure jusqu'à quelques minutes du bord du Soleil (*Lalande*, Bibliographie astronomique, 4°, Paris, 1803; p. 829).

Les phases de Mercure n'ont été aperçues qu'après celles de Vénus. D'après un passage de *Képler* (Keplerus, Epi, fasc. II, 1620, lib. IV, part. II, art. 5. — Reproduit: Keplerus, Opa, VI, 1866, 552), il paraîtrait que Simon *Mayer* [en latin *Marius*] les aurait observées, vraisemblablement avant 1615. *Riccioli* a adopté cette opinion (Ricciolus, Alm, I, 1651, 484). C'est donc à tort que *Van den Hove* [en latin *Hortensius*] s'attribua l'honneur de les avoir découvertes (*Hortensius*, Dissertatio cum Gassendo de Mercurio in Sole viso et Venere invisa; 4°, Lugduni Batavorum, 1633).

L'existence de ces phases fut confirmée successivement par *Biancani* entre 1620 et 1635 (Sphaera mundi, 3e édit., fol., Mutinae, 1635; lib. XI, cap. 3 et 4), par *Zupi* en 1639 (Ricciolus, Alm, I, 1651, 484. — Ricciolus, Ara, 1665, 373), et par *F. Fontana* (Novae coelestium terrestriumque rerum observationes, 4°, Neapoli, 1646; tract. V) vers la même époque.

Sur les évaluations photométriques relatives à Mercure, on verra:

Des comparaisons à α Aurigae, par *H. C. Vogel* (Bothkamp, Beo, II, 1873, 133);

Une recherche de *Zöllner* (APC$_1$, Jub, 127, 624), de laquelle il résulte que la surface de Mercure peut, au point de vue photométrique, être assimilée à celle de la Lune;

Enfin des observations comparatives entre Mercure et Vénus, faites par *Winnecke*, lors de la conjonction de ces deux planètes en 1877 (ANa, XCIV, 1879, 199).

H. C. Vogel a parlé, à deux reprises différentes, du spectre de Mercure: d'abord dans un travail spécial (Ueber das Spectrum des Merkur, dans Bothkamp, Beo, I, 1872, 64. — Reproduit: ANa, LXXVIII, 1872, 241); puis dans son travail plus général sur les spectres des planètes (APC$_1$, CLVIII, 1876, 462).

§ 179. CONSTITUTION PHYSIQUE.

Malgré l'emploi du télescope, les observateurs du XVIIe et du XVIIIe siècle ne nous ont presque rien laissé sur la constitution physique de Mercure.

Wallot, ayant observé le passage de novembre 1782, crut pouvoir conclure à l'existence d'une atmosphère autour de la planète, atmosphère dont la réfraction horizontale aurait produit un effet de 0",276 (London, PTr, 1784, 327). Mais au passage de 1802, *W. Herschel* ne voyait aucune trace d'atmosphère (London, PTr, 1803, 214).

La première étude physique de Mercure, ayant un caractère suivi, fut celle de *Schroeter* et de son compagnon *Harding*, qui a fait l'objet de deux publications, savoir :

2136. Schroeter, J. H. Hermographische Fragmente zur genauern Kenntniss des Planeten Mercur.

Dans ses Neueste Beyträge zur Erweiterung der Sternkunde, 8°, Göttingen, 1800; Abth. I, p. 1. Avec 15 dessins des phases.

2137. Schroeter, J. H. Hermographische Fragmente zur genauern Kenntniss des Planeten Mercur, zweyter Theil, 8°, Göttingen, 1816. — Avec 45 dessins.

Ces deux ouvrages sont les deux plus importants qui aient été publiés jusqu'ici sur la planète Mercure. On peut y ajouter les notices suivantes, relatives aux taches, soit claires, soit obscures, du disque de cette planète, et à l'aspect de ses cornes :

2138. Harding, K. L. Beobachtung zweier hellen Flecke auf der Merkurscheibe. ANa, X, 1833, 220.

2139. Beer, W. & Mädler, J. H. Merkur. Beer & Mädler, Frg, 1840, 101 (Bel, 1841, 141).

2140. Vogel, H. C. Merkur. Bothkamp, Beo, II, 1873, 133.

Avec deux dessins des taches, de 1871.

2141. Zöllner, J. C. F. Photometrische Untersuchungen über die physische Beschaffenheit des Planeten Merkur. APC₁, Jub, 1874, 624.

§ 180. PRÉTENDU SATELLITE.

Pendant le passage du 5 mai 1832, *Schenck* aperçut une tache, voisine de la planète, qu'il prit pour un satellite (ANa, X, 1833, 197. — Reproduit : ZfM, II, 1860, 198).

C'était une tache du Soleil, qui a été remarquée par d'autres observateurs (ANa, X, 1833, 198; XI, 1834, 32).

CHAPITRE XI.

VÉNUS.

§ 181. MOUVEMENTS ET TABLES.

Nous avons parlé au § 144, p. 347, de l'identification de l'étoile du soir avec l'étoile du matin. Les mentions de Vénus sont rares, dans les ouvrages appartenant à la littérature la plus ancienne. On trouve cependant cette planète nommée dans *Job* (cap. XXXVIII, v. 13), vers le — XIVᵉ siècle, et dans *Isaïe* (cap. XIV, v. 12), sous le nom de « soleil du matin, » au — VIIᵉ.

Il en est également fait mention dans *Hésiode* (Opera et dies [G]), et *Homère* en parle, une seule fois cependant, comme étoile du soir (Ilias, lib. XXII, v. 317), et deux fois comme étoile du matin (Odyssea, lib. XIII, v. 93; Ilias, lib. XXIII, v. 226); c'est du reste l'unique planète qu'il cite dans tous ses poèmes.

Il est, au contraire, souvent question de Vénus dans les écrivains d'époques moins anciennes. Cette planète est mentionnée, entre autres, par *Virgile* (Æneis, lib. VIII, v. 589) et par *Martial* (Epigrammata, lib. VIII, n° 21). *Pline* (Historia naturalis, lib. II, cap. 8) dit qu'elle donne de l'ombre, fait qui a été fréquemment constaté depuis.

Sur une des tablettes en terre cuite, provenant de Ninive, qui sont au British Museum, *Hincks* a trouvé une observation babylonienne de Vénus, qui remonte à l'an — 684 (London, MNt, XX, 1860, 319).

Le 11 octobre — 271, *Timocharès* observa une occultation, qui n'était peut-être qu'une appulse, de l'étoile γ Virginis par Vénus (Ptolemaeus, MCo, lib. X, cap. 4); et le 13 octobre 127, *Théon* d'Alexandrie fit la première observation régulière d'une digression de cette planète (Ptolemaeus, MCo, lib. X, cap. 1).

Les observations diverses de Vénus, rapportées dans le cours de près de vingt siècles, depuis l'an — 271 jusqu'en 1662, sont présentées sous forme chronologique par *Riccioli* (Riccioius, Ara, 1665, I, 320-346). Parmi ces observations il y a, en 510, une conjonction de Vénus avec Jupiter, dont on trouve la mention dans un manuscrit de la Bibliothèque nationale de Paris, examiné par *Boulliau* (Bullialdus, Aph, 1645, lib. IX, cap. 6).

Le changement qu'au dire de *Varron*, cité par saint Augustin (De civitate Dei, lib. XXI, cap. 8), on aurait remarqué très-anciennement dans la marche de Vénus, était probablement un phénomène qui n'avait pas de rapport avec cette planète; peut-être était-ce l'apparition d'une comète. Voyez au reste :

2142. Freret, N. Réflexions sur un ancien phénomène céleste, observé au temps d'Ogygès. Paris, Ins, X, 1756, 357.

On trouvera des monographies résumées de Vénus dans :

2143. Arago, F. Vénus. Arago, Apo, II, 1855, 507.

Et dans :

2144. Flammarion, C. La planète Vénus; l'étoile du berger.

Dans son Astronomie populaire, 8°, Paris, 1880; p. 440. — Reproduit dans le Bulletin hebdomadaire de l'Association scientifique de France, 1re série, 8°, Paris; t. XXV, 1879, p. 161 et suiv.

Parmi les recherches particulières auxquelles les mouvements de Vénus ont donné lieu, l'une des plus délicates, à cause de la faible excentricité de l'orbite, était celle de la position du périhélie et du mouvement des apsides.

J. Cassini avait fait de ce point une étude spéciale (Cassini, Elm, 1740, 544, 564). D'après la discussion à laquelle il s'était livré, la longitude du périhélie aurait été :

en + 138, d'après les observations de *Ptolémée* . . . . 261° 28′
par les conjonctions de 1592, 1594 et 1601, observées par *T. Brahé* . . . 301 54
par les conjonctions de 1715, 1716 et 1718 . . . . 306 30

Les conjonctions de 1774, 1775 et 1777 donnaient à *Lalande* (Paris, H & M, 1779, 449), pour 1776 . . . . 307 41

De la combinaison de ces chiffres résultaient les valeurs choisies par différents astronomes, pour le mouvement séculaire des apsides.

La plus grande équation du centre avait aussi fait l'objet d'une discussion détaillée par *J. Cassini*, qui, d'après les conjonctions inférieures de 1715, 1716 et 1718, attribuait à cet élément la valeur (Cassini, Elm, 1740, 562) . . . . 49′ 8″

W. L. Krafft reprit ce travail à l'aide des données fournies par le passage de Vénus de 1769, et arriva au chiffre (Petropolis, NCi, XVI, 1772, 649) . . . . 49′ 0″

Mais ces valeurs étaient trop fortes. Ce fut *Lalande* qui eut le mérite de le montrer, en discutant les conjonctions observées à Pise, par *Slop de Cadenberg*, en 1774, 1775 et 1777. Le chiffre auquel il s'arrêta alors était (Paris, H & M, 1779, 447). 47′ 19″

Les conjonctions observées depuis 1774 jusqu'à 1783 ne lui fournirent qu'une correction insignifiante. Dans son dernier travail (Paris, H & M, 1785, 258), il portait la plus grande équation de Vénus à . . . . 47′ 20″

L'inclinaison étant faible, le lieu du nœud était également difficile à déterminer. *J. Cassini* (loc. cit.) le fixait, en — 271, par l'observation de *Timocharès*,
sous . . . . 54° 2′
par l'observation faite par *Horrocks* du passage du 4 décembre 1639. . 73 28 0″
et en 1696 . . . . 74 1 45

Lalande, à l'instant du passage de Vénus sur le Soleil, en 1769, le plaçait par (Lalande, Ast_3, II, 1792, 91) 74 36 20

La Caille, en comparant ses observations de 1746 à celles de *Lahire* en 1692, avait donné pour la marche séculaire du nœud (Paris, H & M, 1746, 179) 1° 5′ 20″

Enfin la dernière valeur de l'inclinaison à laquelle *Lalande* s'était arrêté dans son mémoire de 1785 (Paris, H & M, 1785, 255), était, pour l'époque 1750,0 3° 23′ 35″

Les anciennes tables de Vénus, jusques et y compris celles de la dernière édition de l'Astronomie de *Lalande*, étaient purement elliptiques. En dehors des recherches générales des géomètres, sur les variations séculaires des éléments de l'orbite, on trouve le calcul des perturbations de Vénus dans :

2145. Lalande, J. J. de. Calcul des inégalités de Vénus, par l'attraction de la Terre. Paris, H & M, 1760, 309.

Ce calcul a servi de base à des tables d'équations, qui sont insérées dans CdT, 1762, 118, 119.

2146. Zach, F. X. von. [Gleichungen der Venus]. BaJ, Sup, III, 1797, 19.

2147. Schubert, F. T. Sekular-Gleichungen der Venus; periodische Gleichungen der Venus.

Dans sa Theoretische Astronomie, 3 vol. 4°, St. Pétersbourg, 1798; t. III, p. 228, 229.

2148. Laplace, P. S. de. Théorie de Vénus. Laplace, TMc, III, 1802, liv. VI, ch. 9.

2149. Schubert, F. T. Inégalités séculaires de Vénus; inégalités périodiques de Vénus.

Dans l'édition en français de son Astronomie théorique, 3 vol. 4°, Hambourg, 1834; t. III, p. 381, 382.

2150. Pontécoulant, G. de. Théorie de Vénus.

Dans son Exposition analytique du système du monde, 4 vol. 8°, Paris; t. III, 1834, p. 412.

2151. Le Verrier, U. J. Théorie du mouvement de Vénus. Paris, MOb, VI, 1861, 1, 169.

2152. Lehmann, W. Säcularstörungen der Venus. ANn, LX, 1863, 295.

Indépendamment des tables de Vénus insérées dans les recueils généraux des tables des planètes (voir plus haut, § 156), on connaît les tables spéciales dont l'indication suit :

2153. Hell, M. Tabulae planetarum, ... Veneris ...; 8°, Viennae, 1764.

Recueil de tables pour les cinq planètes alors connues.

2154. Lalande, J. J. de. Nouvelles tables de Vénus. CdT, 1789, 295.

Ce sont celles qu'il a insérées, en 1792, dans la 3e édition de son Astronomie.

2155. Triesnecker, F. v. P. Tabulae Veneris novae e propriis elementis constructae. EpV, 1790, 325.

2156. Lindenau, B. von. Tabulae Veneris novae et correctae; 4°, Gothae, 1810.

Ces tables sont fondées sur une discussion sérieuse des observations de *Bradley*, comparées aux observations récentes.

2157. Reboul, —. Tables nouvelles de Vénus; 4°, Marseille, 1811.

Ces tables sont calculées sur les éléments de von *Lindenau*.

Traduction.

Tables of the planet Venus, including the perturbations originally computed by *Reboul*, according to the theory of *Laplace*, and the elements of *Lindenau*, now arranged in a more convenient form, and adapted to the meridian of Greenwich. PMg., LVI, 1820, 261.

2158. Le Verrier, U. J. Tables générales du mouvement de Vénus. Paris, MOb, VI, 1861, 95.

La correction des éléments, et le calcul à nouveau des perturbations, ont été faits avec un soin remarquable, dans la théorie qui sert de base à ces tables.

2159. Hill, G. W. Tables of Venus, prepared for the use of the American Ephemeris and Nautical Almanac; 4°, Washington, 1872.

Ces tables sont fondées sur une correction des éléments de *Le Verrier*, effectuée d'après les passages de Vénus de 1761 et 1769, et les observations modernes de Greenwich, de Paris et de Washington.

Von Lindenau a donné (MCz, XXIII, 1811, 207) un aperçu historique des recherches sur la théorie et les tables de Vénus.

Voici les meilleures valeurs des éléments de Vénus, résultant des discussions auxquelles on s'est livré dans le XIXe siècle. La lettre *t* représente toujours le temps, en années juliennes de 365 ¼j.

1810. Von Lindenau, en discutant les observations de Bradley (Tabulae Veneris novae et correctae; 4°, Gothae) :

Époque 1800, 0j 0h, t. m. Seeberg.

Longitude moyenne	145° 6′ 33″,7	+ 2 106 692″,5 *t*,
Longitude du périhélie	128 43 6	+ 46,061 *t*,
Longitude du nœud ascendant	74 53 48	+ 30,721 *t*,
Inclinaison	3 23 28,5	+ 0,072 4 *t*,
Excentricité	0,006 861 52	− 0,000 001 068 *t*.

1833-1840. Main, en corrigeant les éléments précédents d'après les observations de Cambridge de 1833 à 1835 (London, MAS, XI, 139; X, 295) :

Époque 1750, 0j 0h, t. m. Seeberg.

Longitude moyenne	40° 18′ 17″,6 + 2 106 692″,35 *t*,
Longitude du périhélie	128 18 47,0
Longitude du nœud ascendant	74 27 10,1
Inclinaison	3 23 28,7
Excentricité	0,006 863 96.

Le mouvement en longitude est obtenu en répartissant sur l'intervalle de 1765,0 à 1834,5 l'erreur que *Main* trouve aux Tables de von *Lindenau*.

1842. GLAISHER, en corrigeant les éléments de von *Lindenau* d'après les observations de Greenwich de 1833 à 1839 (London, MAS, XII, 209) :

Époque 1836, janv. 1 à midi, t. m. Seeberg.

Longitude moyenne	331° 1′ 35,23	
Longitude du périhélie.	129 15 3	+ 49″,620 9 t,
Longitude du nœud ascendant. .	75 15 5,60	+ 30,002 3 t,
Inclinaison.	3 23 34,34	+ 0,160 35 t,
Excentricité.	0,006 845 06	— 0,000 000 820 0 t,
Demi-grand axe	0,723 246 4	

1861. LE VERRIER, par une nouvelle discussion des observations (Paris, MOb, V, 95-97) :

Époque 1850, janv. 1 à midi, t. m. Paris.

Longitude moyenne.	245° 33′ 14″,79	+ 2 106 601″,869 43 t	+ 0″,000 112 80 t^2,
Longitude du périhélie	129 27 14,3	+ 49,462 t	— 0,000 593 t^2,
Longitude du nœud ascendant .	75 19 52,3	+ 32,580 9 t	+ 0,000 150 8 t^2,
Inclinaison.	3 23 34,83	+ 0,045 24 t	— 0,000 001 56 t^2,
Plus grande équation du centre.	0 47 3,06	— 0,222 7 t	+ 0,001 04 t^2,

1872. POWALKY, par les passages de Vénus devant le Soleil en 1761 et 1769 (AN, LXXX, 1875) :

Époque 1850, janv. 1 à midi, t. m. Paris.

Longitude moyenne	245° 33′ 14″,63	+ 2 106 601″,652 5 t	+ 0″,000 113 t^2,
Longitude du périhélie	129 27 23.0	+ 49,301 t	— 0,000 59 t^2,
Longitude du nœud ascendant . .	75 19 52,5	+ 32,481 t	+ 0,000 18 t^2,
Inclinaison	3 23 34,85	+ 0,043 34 t,	
Plus grande équation du centre. .	0 47 2,06	— 0,222 44 t.	

1872. G. W. HILL, en corrigeant les éléments de *Le Verrier*, d'après les passages de 1761 et 1769, et les observations modernes de Greenwich, Paris et Washington (*Hill*, Tables of Venus, 4°, Washington, 1872, p. 2) :

Époque 1850, janv. 0ʲ 0ʰ, t. m. Washington.

Longitude moyenne	244° 18′ 15″,32	+ 2 106 601″,621 90 t	+ 0″,000 113 4 t^2,
Longitude du périhélie	129 27 42.86	+ 50,049 4 t	— 0,000 592 t^2,
Longitude du nœud ascendant .	75 19 55,10	+ 32,515 0 t	+ 0,000 151 t^2,
Inclinaison.	3 23 31.01	+ 0,038 14 t	— 0,000 001 6 t^2,
Plus grande équation du centre .	0 47 2,988	— 0,206 30 t	+ 0,001 06 t^2,

§ 182. PASSAGES DEVANT LE SOLEIL.

Le prétendu passage de Vénus, dont *Alkindi* a parlé en 839 (*L. A. Sédillot*, Prolégomènes des tables d'Ouloug Beg, 2 vol. 8°, Paris; t. I, 1840, p. xviij), n'a pu être qu'une illusion due à la présence de taches solaires.

Képler est le premier qui ait indiqué l'époque à laquelle un passage de Vénus devant le Soleil devait se produire (Admonitio ad astronomos, 4°, Lipsiae, 1629. — Reproduit : Keplerus, Opa, VII, 1868, 589). L'observation du phénomène qu'il avait annoncé pour 1631 fut manquée. Mais au passage suivant, en 1639, l'entrée fut aperçue; toutefois ce ne fut que par un seul observateur, *Horrocks*, à Hool, près de Liverpool (*Horroxius*, Venus in Sole visa, inséré à la suite de : *Hevelius*, Mercurius in Sole visus; fol., Gedani, 1662).

On trouvera au chap. XXIX ce qui se rapporte aux observations proprement dites des passages des planètes inférieures devant le Soleil. Les effets optiques qui accompagnent ces phénomènes ont été considérés plus haut, § 153, p. 324.

Képler (loc. cit.), avait une idée générale des périodes qui ramènent les passages de Vénus. *Halley* les a exprimées d'une manière plus explicite (London, PTr, 1691, 511).

§ 183. DIAMÈTRE.

Les évaluations du diamètre de Vénus antérieures à l'invention du télescope sont fort défectueuses. Nous ne les conservons, dans le tableau suivant, qu'à titre de renseignement historique. Le vif éclat de cette planète devait en faire estimer le diamètre angulaire, plus grand qu'il n'était en réalité.

Valeurs attribuées au diamètre de Vénus.

(A la distance moyenne de la Terre au Soleil.)

Avant l'invention du télescope.

860 ∓	ALFRAGAN. (Elementa astronomica [A], diff. XXII.)	94″
880 ∓	ALBATEGNIUS. (De motu stellarum [A], cap. 50.).	188
1528.	FERNEL. (Cosmotheoria, fol., Parisiis; lib. I.).	300
1568.	URSTITIUS. (Theoricae novae planetarum Purbacchii, 8°, Basileae.). .	630
1577.	E. DANTI. (Le scienze matematiche ridotte in tavole, 4°, Bologna; tav. XXII.)	240
1589.	MAGINI. (Novae coelestium orbium theoricae, 4°, Venetiis.)	630
1590 ∓	LANSBERG. (Uranometria, 4°, Middelburgi, 1631; lib. III.). . . .	180
1604.	ARGOLI. (Pandosium sphaericum, 4°, Patavii; cap. 52.)	195
1602.	T. BRAHÉ. (Brahaeus, AIP, 1602, 468. — Reproduit : Brahe, Opa, 1648, 294).	195.

En faisant usage du télescope.

Les plus anciennes mesures micrométriques ont été recalculées par *Wurm*, avec beaucoup de soin. Nous ne pourrons mieux faire que d'emprunter, pour ces déterminations, les résultats de son travail.

1612. Scheiner. (Tres epistolae de maculis solaribus, 4°, Augustae Vindelicorum; epist. II. — Reproduit : Galilei, Opa, III, 1843, 374.) . 30''

1620. Képler. (Keplerus, Epi, fasc. II, p. 483. — Reproduit : Keplerus, Opa, VI, 1866, 526.). 118

1620 ≠ Galilée, par des observations vers la conjonction supérieure. (Cité Riccioius, Ara, 1665, I, 559). 17,2

1622. Longomontanus. (Astronomia danica, 4°, Amsterodami.) 66

1631. Gassendi. (De Mercurio in Sole viso, 4°, Parisiis, 1632; apud finem. — Reproduit : Gassendus, Opa, IV.) 60

1633. Van den Hove. (*Hortensius*, Dissertatio de Mercurio in Sole viso et Venere invisa; 4°, Lugduni Batavorum.). 33

1633. Van den Hove, en comparant le diamètre de Vénus, près de la conjonction inférieure, à des distances connues entre des étoiles (ibid.) 28

1639. Horrocks, micrométriquement. (Calculé par *Wurm*, BaJ, 1807, 165.) 17,000

1641. Gascoigne, id. (Ibid., 165.). 21,213

1647. Hevelius. (Selenographia, fol., Gedani; cap. 33.) 23

1650. F. M. Grimaldi. (Riccioius, Ara, 1665, I, 556.) 64,2

1659. Huygens, micrométriquement. (Calculé par *Wurm*, BaJ, 1807, 165.). 23,328

1660 ≠ Staudacher, dans une communication à *Riccioli*. (Ricciolus, Ara, 1665, I, 558.) 64,2

1673. Flamsteed, au micromètre. (Calculé par *Wurm*, BaJ, 1807, 165·). . 24,653

1700. La Hire, id. (Ibid., 166.) 17,010

1755. Short & Bevis, id. (Ibid., 166.) 17,398

1758. Canton, id. (Ibid., 166.). 17,224

1761. Hell, id. (Ibid., 166.) 19,330

1761. Short, id. (Ibid., 166.) 17,065

1762. Lalande, sur le Soleil pendant le passage de 1761. (Paris, H & M, 1762, 260.) 16,7

1788. Von Zach, micrométriquement. (Calculé par *Wurm*, BaJ, 1807, 166.). 15,846

1789-1794. Schroeter, id. (Ibid., 166-167.). 18,835

1791. W. Herschel, au micromètre. (Ibid., 166.) 18,790

1792. Schroeter, micrométriquement. (London, PTr, 1792, 317, 320, 324.) 16,7

1804. Wurm, en réduisant 22 observations micrométriques, sur le Soleil, au passage de 1761. (BaJ, 1807, 167.). 16,954

1804. Wurm, d'après 8 mesures semblables faites par les observateurs du passage de 1769. (Ibid., 167.) 16,810

1813. Arago, au micromètre à double image. (Arago, OEu, XI, 1859, 546.) 16,0

1822. Encke, par le passage de 1761. (Entfernung der Sonne, 8°, Gotha; p. 129.) 16,611

1833. Farrer, par les durées d'entrée et de sortie au passage de 1769. (London, MAS, V, 281.) 16,678

1837. W. Beer & Mädler, par 66 observations micrométriques en plein jour. (ANa, XIV, 197.). 17,1540

1839. Challis, par deux séries de mesures au micromètre à double image. (Cambridge, Obs, XII, 1841, 250, 252.) 17,51

1841. Challis, au micromètre à double image. (Cambridge, Obs, XIII, 1844, [443]) 17,37

1843. Airy, par des observations micrométriques. (Cité dans Paris, MOb, VI, 1861, 26, 201.). 16,866

1849. Lassell, à l'héliomètre (Réduit par *H. C. Vogel*, Bothcamp, Beo, II, 1873, 128.). 17,43

1849. Hartnup, au micromètre filaire. (Id., ibid.) 17,92

1849. Hartnup, au micromètre à double image. (Id., ibid.) 17,13

1849. R. A. Thompson, au micromètre filaire. (Id., ibid.) 17,77

1849. R. A. Thompson, au micromètre à double image. (Id., ibid.) . . . 17,58

1851. Wichmann, par les observations micrométriques de *Bessel*. (ANa, XXXII, 73.) 17,328

1854. PRINCE, par les observations de 1845 et 1846 au mural de Washington. (AJl, III, 10.) 17,091

1855. MAIN, avec le micromètre à double image. (London, MAS, XXV, 46.) 17,55

1856. GILLISS, calculé par *Gould*, au micromètre filaire. (The U. S. naval astronomical expedition to the Southern hemisphere; 3 vol. 4°, Washington; vol. III, p. cclxxxv.) 16,70

1857. SECCHI, micrométriquement à la conjonction inférieure. (ANn, XLVI, 155.) 16,42

1865. J. SCHMIDT, par des mesures micrométriques de 1854 à 1857. (ANn, LXV, 97.) 17,16

1865. E. J. STONE, par les observations de Greenwich au cercle mural en 1839-1850 et au cercle méridien en 1850-1862. (London, MNt, XXV, 59.) 16,944

1871. POWALKY, par les passages de 1761 et de 1769. (ANn, LXXVII, 271.) 16,918

1871. H. C. VOGEL, au micromètre filaire. (Bothkamp, Bec, II, 1875, 127.) 16,887

1872. F. KAISER, avec le micromètre à double image. (Leide, ASt, III, 216.) 17,400

1873. PLUMMER, par 113 mesures au micromètre à double image. (London, (MNt, XXXIII, 361.) 17,321

1874. AUWERS, sur le Soleil, au passage de cette année! (Bericht über die Beobachtung des Venus-Durchgangs vom 8. December 1874 in Luxor, 4°, Berlin, 1878; p. 182) 16,987

1875. TENNANT, par des mesures micrométriques sur le Soleil au passage de 1874. (London, MNt, XXXV, 347.) 16,9056

1877. DOWNING, par les observations de hauteur, au cercle méridien de Washington, de 1866 à 1872. (London, (MNt, XXXVII, 399.) . . 16,7836

1879. HARTWIG, à l'héliomètre de Breslau. (Leipzig, Pub, XV, 10.) . . . 17,066

L'aplatissement de Vénus est généralement regardé comme insensible. Les observations méridiennes de *Vidal*, à la conjonction inférieure d'octobre 1807, donnent 60",4 pour le diamètre vertical, et 61",5 pour le diamètre horizontal (CdT, 1816, 375). Mais ces observations ne comportent pas la précision nécessaire pour décider un point aussi délicat.

§ 184. MASSE.

La première valeur qu'on ait attribuée à la masse de Vénus était, comme celle attribuée à Mercure, le simple résultat d'une hypothèse. *L. Euler* l'avait déduite (Paris, Rec, VIII, 1771, 125), dans la supposition que les densités des planètes inférieures sont dans le rapport des racines carrées de leurs moyens mouvements. Le fait n'a pas justifié cette hypothèse. Voici les valeurs de la masse de Vénus, qui ont été trouvées par des recherches directes.

Valeurs attribuées à la masse de Vénus.

1779. LAGRANGE, d'après la précession des équinoxes. (BaJ, 1782, 115. — Reproduit : Lagrange, OEu, VII, 1877, 523.) . . . . . . 1/[illegible]

D'après les inégalités du mouvement du Soleil. (BaJ, 1782, 116. — Reproduit : Ibid.) . . . . 1/[illegible]

1786. LALANDE, par les inégalités de la Terre. (Paris, H & M, 1786, 398.) 1/[illegible]

1801. WURM, par les perturbations de la Terre, d'après 200 observations du Soleil de Greenwich. (MCz, IV, 157.) . . . . 1/[illegible]

1802. LAPLACE, par la diminution séculaire de l'obliquité de l'écliptique. (Laplace, TMc, III, liv. VI, ch. 6.) . . . . 1/[illegible]

1802. DELAMBRE, en déduisant des observations du Soleil de Bradley et de Maskelyne, les coefficients des inégalités causées par Vénus. (Laplace, TMc, III, liv. VI, ch. 16.) . . . . 1/[illegible]

1805. WURM, par les perturbations de la Terre. (BaJ, 1806, 155.) . . . 1/[illegible]

1811. VON LINDENAU, par les perturbations de la Terre. (Tabulae Martis novae et correctae; 4°, Eisenbergi. — Aussi MCz, XXVIII, 1813, 114.) . . . . 1/[illegible]

1813. BURCKHARD, par les perturbations de la Terre. (CdT, 1816, 343.) 1/[illegible]

1817. J. J. LITTROW, en comparant les observations du Soleil de Greenwich aux tables de Zach. (BaJ, 1820, 164.) . . . . 1/[illegible]

1824. BURCKHART, par les perturbations de la Terre. (*De Laplace*, Expositions du système du monde, 5° éd., 2 vol. 4°, Paris; t. II, liv. IV, ch. 3.) . . . . 1/[illegible]

1828. AIRY, d'après les inégalités tirées des observations du Soleil. (London, PTr, 1828, 50.) . . . . 1/[illegible]

1842. ROTHMAN, par l'équation séculaire du nœud de Mercure. (London, MAS, XII, 409, 413.) . . . . 1/[illegible]

1843. LE VERRIER, par la variation séculaire du nœud de Mercure. (JdM₁, VIII, 334.) . . . . 1/[illegible]

1853. HANSEN et OLUFSEN, par les inégalités du mouvement du Soleil. (Tables du Soleil, 4°, Copenhague; p. 4.) . . . . 1/[illegible]

1858. LE VERRIER, par les perturbations de la Terre. (Paris, MOb, IV, 102.) 1/[illegible]

1861. LE VERRIER, par les perturbations de Mars. (Ibid., IV, 309.) . . . 1/[illegible]

1872. HILL, d'après le mouvement du nœud de Mercure. (Tables of Venus, 4°, Washington; p. 2.) . . . . 1/[illegible]

1876. POWALKY, en comparant les tables du Soleil de Hansen et Olufsen aux observations de Dorpat de 1823 à 1839. (ANa, LXXXVIII, 263.) . . . . 1/[illegible]

§ 185. ROTATION.

La rotation de Vénus a été découverte, en 1665, par *J. D. Cassini*, qui l'a fait connaître dans un opuscule extrêmement rare, intitulé : Disceptatio apologetica de maculis Jovis et Martis annis 1666 et 1667, et de conversione Veneris circa axem suum; 4°, Bononiae, 1667. Cette découverte est annoncée, en outre, dans JdS₁, 1667, 182 (122 de la réimpression), article reproduit dans Paris, His, X, 1731, 467. Par l'observation d'une tache claire, il assignait alors à cette planète une rotation d'un peu moins d'un jour; mais ces observations n'ont été calculées rigoureusement que par *J. Cassini*, ainsi qu'on le verra plus loin.

Valeurs attribuées aux éléments de la rotation de Vénus.

Durée de la rotation sidérale.	Longitude du nœud ascendant de l'équateur de Vénus sur l'écliptique.	Équinoxe auquel cette longitude se rapporte.	Inclinaison de l'équateur de Vénus sur l'écliptique.

1726. BIANCHINI, par ses observations de Rome (Hesperi et Phosphori nova phaenomena, fol., Romae, 1728; cap. V, p. 66) :

24ʲ 8ʰ	50°	1726	75°

1732. J. CASSINI, par le calcul des observations de *J. D. Cassini* (Paris, H & M, 1732, 197. — Aussi : Cassini, Elem, 1740, 515) :

23ʰ 15ᵐ	45°	1665?	75°

Durée de la rotation sidérale.	Longitude du nœud ascendant de l'équateur de Vénus sur l'écliptique.	Équinoxe auquel cette longitude se rapporte.	Inclinaison de l'équateur de Vénus sur l'écliptique.

1732. J. CASSINI, en discutant les observations de *Bianchini*, au point de vue de la durée de la rotation (Paris, H & M, 1732, 215. — Aussi : Cassini, Elm, 1740, 525) :

23ʰ 20ᵐ			

1789. SCHROETER, par ses observations des cornes, qui lui paraissent confirmer le nœud de Cassini (Cytherographische Fragmente; 4°, Erfurt, 1792. — Aussi : London, PTr, 1793, 117) :

23ʰ 21ᵐ 19ˢ	48°	1789	72°

1801. *Fritsch*, par les retours d'une même dentelure de la phase (BaJ, 1804, 214) :

23ʰ 22ᵐ			

1811. SCHROETER, en rediscutant ses observations (Beilage zu der Aphroditographische Fragmente; 4°, Göttingen. — Aussi : MCz, XXV, 366) :

23ʰ 21ᵐ 7ˢ,977			

1840-1850. DE VICO, par ses observations en commun avec *Palomba*, à Rome (Roma, Oss, 1840-41, 52; 1845, 51; 1849, 29; 1850, 140) :

23ʰ 21ᵐ 21ˢ,934 5	57° 19′ 18″	1839	49° 57′ 34″.

§ 186. ÉCLAT ET PHASES.

La visibilité de Vénus, à la simple vue, pendant le jour, vers l'époque des plus grands éclats, a été souvent constatée. On peut voir, sur plusieurs circonstances historiques dans lesquelles ce phénomène a été remarqué :

BaJ, Sup, III, 1797, 219.

Reboul, Tables nouvelles de Vénus, 4°, Marseille, 1814; p. 10.

Schorr, Der Venusmond, 8°, Braunschweig, 1875; p. 112-115.

L'attention de *Halley* ayant été attirée par un de ces phénomènes, en juillet 1716; cet astronome calcula les conditions du plus grand éclat :

2100. Halley, E. An account of the cause of the late remarkable appearance of the planet Venus, seen this summer for many days together, in the day time. London, PTr, 1716, 466.

Il donne pour la condition du maximum d'éclat :

$$2 \text{ tang élongation} = \text{tang } \frac{1}{2} \text{ (parallaxe annuelle)}.$$

Halley avait supposé les orbites circulaires. *Kies* y introduisit la considération de l'ellipticité :

2161. Kies, J. Observation sur le plus grand éclat de Vénus, en supposant son orbite et celle de la Terre elliptiques. Berlin, H & M, 1750, 211.

Ce problème a encore été traité, de manières différentes, par *Cagnoli* (Encyclopédie méthodique, 1782; mot « Vénus »), et par *Boscovich* (Opera pertinentia ad opticam et astronomiam, 5 vol. 4°, Bassani; vol. IV, 1785, p. 588).

Des tables pour déterminer les époques du plus grand éclat de Vénus ont été données par

2162. Wurm, J. F. Ueber den grössten Glanz der Venus, samnst Tafeln für diese periodische Erscheinung. Allgemeine geographische Ephemeriden, 8°, Weimar; vol. II, 1798, p. 505.

L'auteur a développé les tables dans un autre travail :

2163. Wurm, J. F. Allgemeine Tafeln, um die grössten Digressionen der Venus, ihre obern und untern Conjunctionen, auch die Zeiten ihres grössten Glanzes, für alle Jahrhunderte zu berechnen. BaJ, 1801, 155.

Delambre, en supposant les orbites circulaires, trouve qu'à l'instant du plus grand éclat (Delambre, Ast, II, 1814, 410) :

Élongation. . . . . . . = 39° 43′ 20″,
Distance de ♀ à ♁. . = 0,430 4.

D'après *Reboul* (Tables de Vénus, 4°, Marseille, 1811; p. 11), la visibilité remarquable de Vénus commence 50 à 60 jours avant le maximum calculé, et dure 20 jours après cette époque, lorsque Vénus est étoile du soir; on doit renverser ces nombres, quand Vénus est étoile du matin. La phase, au moment du plus grand éclat, est suivant *Seidel* (Untersuchungen über die Lichtstärken der Planeten, 4°, München, 1859; p. 8) :

70° 17,5.

Tous les 8 ans, le plus grand éclat revient à peu près aux mêmes saisons.

Au reste, dans certaines conditions atmosphériques, ce n'est pas seulement au temps de l'éclat maximum, qu'on aperçoit Vénus pendant le jour, à la vue simple. *A. de Humboldt* rapporte (MCz, I, 1800, 410) qu'il n'est pas difficile de la distinguer à l'œil nu, dans la zone des tropiques; et von *Zach* a confirmé cette observation par des extraits de divers voyageurs (MCz, I, 1800, 410, note *).

On ne peut pas cependant, à la simple vue, suivre Vénus aussi près du Soleil qu'on le fait pour Mercure. On la perd, dit *Bède* (De mundi coelestis terrestrisque constitutione [VIIIe siècle], dans les éd. fol. de ses Opera, t. 1), dans ses conjonctions inférieures, à 4½° du Soleil. Mais avec le télescope, il en est autrement. *Riccioli* rapporte qu'il l'a maintes fois suivie tout le jour (Riccioius, Alm, II, 1651, 661). En 1691, *Lahire* ne cessa de la voir qu'à 1½° du Soleil (Paris, His, II, 1733, 129). Plus tard on l'a suivie dans une proximité bien plus grande. *Vidal*, dont il a été question plus haut à propos de Mercure, l'a encore distinguée à 2′ seulement du bord du Soleil (MCz, II, 1800, 87).

Les phases de Vénus, dont *Copernic* ne doutait pas (Copernicus, Rev, 1543, lib. I, cap. 10), ont été découvertes par *Galilée* en décembre 1610 (Lettera al Padre B. Castelli a Brescia, 30 dec. 1610, publiée dans l'édit. des Opere de *Galilei* de Padoue, t. II, p. 43. — Reproduit : Galilei, Opo, VI, 1847, 134). L'existence en fut attestée en 1620 par *Biancani* (Sphaera mundi seu cosmographia, 4°, Bononiae, 1620; lib. XII, cap. 2). Ces phases, dit *Képler* (Keplerus, Epi, fasc. II, 1620, 536. — Reproduit ; Keplerus, Opa, VI, 1866, 532) montrent d'une manière indubitable que Vénus circule autour du Soleil.

§ 187. LUMIÈRE CENDRÉE.

Ce fut *Derham* qui mentionna le premier qu'on peut apercevoir parfois dans les télescopes la partie du disque de Vénus qui n'est pas illuminée par le Soleil (*Derham*, Astrotheology, 8°, London, 1714; bk. v, ch. 1. — Cet ouvrage a eu cinq éditions jusqu'en 1726; on connait de plus une traduction latine, Neapoli, 1728; une traduction française, Paris, 1729 et Zurich, 1760; et une traduction allemande, Hamburg, 1732).

Des relevés plus ou moins complets des différentes observations connues de la lumière cendrée, sur le disque de Vénus, se trouvent dans les ouvrages suivants :

Klein, H. J. Handbuch der allgemeinen Himmelsbeschreibung, 2 vol. 8°, Braunschweig; vol. I, 1869, p. 67. — Ausl WfA, X, 1867, 329.

Schorr, F. Die Beleuchtung der Nachtseite der Venus; dans son ouvrage : Der Venusmond, 8°, Braunschweig, 1875; p. 148.

Klein, H. J. Die Sichtbarkeit der dunkeln Halbkugel des Planeten Venus; dans la revue : Gaea, Natur und Leben, 8°, Köln & Leipzig; vol. X, 1874, p. 184.

Dans ce dernier relevé, le nombre des observations s'élève à 23. On pourrait aujourd'hui en ajouter quelques autres.

Schorr fait la remarque (Der Venusmond, déjà cité, p. 150) que, dans certaines de ces observations, la lumière cendrée n'occupe qu'une partie du disque obscur.

On verra du reste sur ce phénomène :

2164. Schafarik, A. Ueber die Sichtbarkeit der dunkeln Halbkugel des Planeten Venus.

Dans les Sitzungsberichte der Böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften in Prag, 8°, Prag; année 1873, p. 243.

Traduction.

On the visibility of the dark side of Venus (par l'auteur). British Assoc, Rep, 1875, 404.

La première idée qui s'est présentée, relativement à la cause de la lumière cendrée de Vénus, était celle d'un éclairement par la Terre, analogue à celui qui produit la lumière cendrée de la Lune. Telle était l'opinion exprimée par

2165. Rheinauer, J. Die Erleuchtung des Planeten Venus durch die Erde; 8°, Freiburg, 1859.

La cause de cet éclairement résiderait-elle, au contraire, dans des aurores polaires de Vénus? Voyez sur cette question :

2166. Boen, P. de. De la lumière secondaire de Vénus. Bulletin hebdomadaire de l'Association scientifique de France, 1re sér., 8°, Paris; t. XI, 1872, 278.

D'autre part, *Klein* s'est prononcé pour une phosphorescence :

2167. Klein, H. J. Die Phosphorescenz der Nachtseite der Venus.

Dans son Anleitung zur Durchmusterung des Himmels, 8°, Braunschweig, 1880; p. 401.

§ 188. ÉTUDE PHOTOMÉTRIQUE ET SPECTROSCOPIQUE.

La première comparaison photométrique ayant Vénus pour objet, est celle dans laquelle *Olbers* trouva cette planète, au plus grand éclat, 10 à 23 fois aussi brillante que α Tauri (MCz, VIII, 1803, 303).

Seidel (Untersuchungen über die Lichtstärken der Planeten, p. 18; dans le volume : Monumenta saecularia, publié par la *Bayerische Akademie der Wissenschaften*, 4°, München, 1859) a comparé Vénus à α *Lyrae*, au moyen du photomètre objectif de

Steinheil. En prenant l'éclat de Wega pour unité, il a trouvé celui de la planète.... 3,77. En prenant l'éclat de Jupiter pour unité, il a obtenu pour Vénus à son plus grand éclat.... 4,72. L'albédo de Vénus est, d'après le même observateur, 0,906 de celui de Jupiter.

En 1861, *G. P. Bond* (Boston, Mem$_2$, VIII, 1863, 236) donnait à Vénus, à son plus grand éclat, 4,86 fois l'éclat de Jupiter, et $\frac{1}{[illegible]}$ de celui du Soleil. A la distance 1 de la Terre et 0,723 3 du Soleil, il trouvait Vénus égale à $\frac{1}{[illegible]}$ de la pleine Lune. Enfin il fixait l'albédo de Vénus à 0,809 de celui de Jupiter.

En 1876, *Plummer* (London, MNt, XXXVI, 354) a comparé Vénus dans son plus grand éclat à la Lune pleine, par l'intermédiaire d'une bougie, et en a déduit pour le rapport photométrique entre les deux astres.... $\frac{1}{[illegible]}$. Sirius, dit-il, est $\frac{1}{4}$ de Vénus, et pourtant son éclat est encore suffisant pour jeter de l'ombre.

En 1878, Vénus s'étant approchée de Mercure de telle sorte que ces deux planètes étaient ensemble dans le champ des lunettes, *Nasmyth* trouva Vénus 2 fois au moins aussi brillante que Mercure; il compare la première à de l'argent bien nettoyé, et le second à du plomb fraîchement coupé (Proceedings of the literary and philosophical Society of Manchester, 8°, Manchester; vol. XVIII, 1879, p. 2).

Zöllner attribue à Vénus, par son colorimètre, la cote 27°,9 (ANn, LXXI, 1868, 329).

La distribution de la lumière sur le disque de Vénus a paru à *Brett* (London, MNt, XXXVII, 1877, 126) rappeler celle des surfaces polies. *Christie*, ayant cherché la position du point brillant, en éteignant tout le reste de la lumière du disque au moyen d'un appareil à polarisation, a trouvé, en effet, que la dernière partie qui demeure visible est au point spéculaire (London, MNt, XXXVIII, 1878, 108).

Il existe plusieurs recherches sur le spectre de Vénus, savoir :

Vogel, H. C. Das Spectrum der Venus; dans : Bothkamp, Beo, I, 1872, 64.

Secchi, A. Sugli spettri prismatici del pianeta Giove e degli altri pianeti. Bullettino meteorologico dell' Osservatorio del Collegio Romano, 4°, Roma; année 1874, p. 97. — Reproduit : Spettr. ital, Mem, III, 1874, 113. — Dans ce travail, il est traité du spectre de Vénus, après celui de Jupiter.

Vogel, H. C. Spectrum der Venus; dans APC$_1$, CLVIII, 1876, 464.

Il existe, en outre, une note sur la photographie du spectre de Vénus :

2168. Draper, H. Photographs of the spectra of Venus and α Lyrae. AJS$_3$, XIII, 1877, 95.

§ 189. CONSTITUTION PHYSIQUE.

C'est à *F. Fontana* (Novae coelestium terrestriumque rerum observationes, 4°, Neapoli, 1646; tract. v) qu'on doit la découverte des taches de Vénus. Il les avait remarquées en 1645. *Burattini*, qui résidait en Pologne, confirma cette observation en 1665 (JdS₁, 1665, 287). Ces taches, disait-il, sont « analogues à celles de la Lune » (JdS₁, 1666, 55 (25), 101 (61)). Ce fut aussi en 1665 que *J. D. Cassini* commença à les observer, et que, par leurs changements apparents, il découvrit la rotation de Vénus (voir plus haut, § 185).

Bien que ces taches soient fort difficiles à apercevoir, c'est, comme on l'a vu, par leur moyen que *Bianchini*, au XVIIIe siècle, et *De Vico*, dans le siècle présent, ont calculé la rotation de la planète. Dans ces derniers temps, différents astronomes les ont aperçues. Nous citerons notamment *Buffham* (ARr, VI, 1869, 153, 197), *Langdon* (London, MN, XXXII, 1872, 305), *Elger*, (London, MN, XXXIII, 1873, 524), *Terby* (Bruxelles, Bul₂, XLIX, 1880, 214) et *Denning* (London, MN, XLII, 1882, 109).

En 1813, *Gruithuisen* a signalé des taches blanches vers les pôles de Vénus. Cet aspect lui paraît surtout prononcé au pôle sud, où il le regarde comme produit par une calotte de glaces. Voyez

2169. Gruithuisen, F. v. P. Physikalisch-astronomische Beobachtungen.

Dans Nova acta Academiae naturae curiosorum; Verhandlungen der Deutschen Akademie der Naturforscher, 4°, Bonn; vol. X, 1821, p. 250.

L'existence d'inégalités du sol résulte des nombreuses observations sur la déformation des cornes, qu'on trouve répandues dans les auteurs classiques cités plus loin. Mais, en outre, le terminateur présente des dentelures, que *Lahire* a été le premier à signaler (Paris, H & M, 1700, 288).

A la conjonction inférieure, le croissant s'étend au delà du 180° de la circonférence. L'observation la plus curieuse à cet égard est celle de

Lyman, C. S. Venus as a luminous ring. AJS₃, IX, 1875, 47.

Schroeter a déduit d'observations de ce genre la valeur de la réfraction horizontale, dans l'atmosphère de Vénus. Il trouvait (Aphroditographische Fragmente, 4°, Helmstadt, 1796; p. 150) le chiffre

30',6.

Mädler tirait d'observations analogues faites à Dorpat en 1849 (AN, XXIX, 1849, 107),

43',7.

Flammarion, d'après ses observations de 1866, et celles du passage de la planète devant le Soleil en 1874, donne (Bulletin hebdomadaire de l'Association scientifique de France, 8°, Paris; t. XIX, 1876, p. 245)

54'.

La question des crépuscules sur Vénus a été examinée par

2170. Huth, J. S. G. Einige physisch-astronomische Bemerkungen. BaJ, 1810, 247.

Celle de l'existence d'une atmosphère autour de cette planète a été traitée en détail par *H. W. Brandes* (Die vornehmsten Lehren der Astronomie in Briefen, 4 vol. 8°, Leipzig, 1816; vol. III, p. 268, 305). Après avoir discuté les relations données par différents astronomes de diverses observations, il conclut par l'affirmative.

Sur l'apparence présentée par cette atmosphère, pendant les passages de Vénus sur le Soleil, on verra, outre les relations des observations elles-mêmes,

2171. Röhl, L. H. Merkwürdigkeiten von den Durchgängen der Venus; 8°, Berlin, 1768.

Les principales planètes, et Vénus en particulier, sont-elles entourées d'une sphère lumineuse, une « photosphère, » s'étendant à une distance considérable? *Pastorff* a prétendu en avoir fait l'observation (BaJ, 1823, 157; 1825, 255). Mais on peut voir les objections de *Ritz* (BaJ, 1826, 190); et jusqu'à nouvel informé, on a lieu de croire qu'il s'agit seulement ici d'une illusion d'optique.

Les ouvrages classiques traitant de la constitution physique de Vénus, qu'on doit étudier lorsqu'on veut se former une idée de l'état de nos connaissances à l'égard de cette planète, sont les suivants :

2172. Schroeter, J. H. Cythereographische Fragmente, oder Beobachtungen über sehr betrachtlichen Gebirge und Rotation der Venus; 4°, Erfurt, 1793.

2173. Schroeter, J. H. Aphroditographische Fragmente zur genauern Kenntniss des Planeten Venus; 4°, Helmstedt, 1796.

Le second de ces ouvrages couvre le même champ que le premier, mais d'une manière plus complète. L'auteur évalue la hauteur des montagnes de Vénus, d'après la troncature de la corne australe. Il trouve pour la surélévation, dans cette région de la planète, $\frac{1}{211}$ du rayon de Vénus, ou quatre fois plus que l'altitude relative des plus hautes montagnes de la Terre.

2174. Herschel, W. Observation on the planet Venus. London, PTr. 1793, 201.

2175. Beer, W. & Mädler, J. H. Venus. Beer & Mädler, Frg, 1840, 131 (Bel, 1841, 127).

Ces astronomes constatent que la partie brillante du disque est toujours plus étroite qu'elle ne devrait l'être. Ils attribuent la différence à l'ombre des montagnes situées dans le terminateur. Ils calculent alors que les montagnes qui produiraient des ombres capables d'engendrer cet effet, ne seraient pas proportionnellement plus élevées que celles de notre globe. Les diagrammes de Vénus, qui accompagnent cet ouvrage, sont reproduits dans : *Mädler*, Populäre Astronomie, 8°, Berlin, 1841, et édit. suiv.; Tab. II.

Comme collection de dessins de Vénus et de ses phases, on peut citer, indépendamment de celles qui se trouvent dans les ouvrages que nous venons d'appeler classiques, la série de 54 figures, due à

2176. Vico, F. de. Rotazione di Venere sul proprio asse. Roma, Ou, 1859, 42.

§ 190. SATELLITE?

Le satellite de Vénus est encore une énigme. La plus ancienne observation dans laquelle on en parle est de *F. Fontana* (Novae coelestium terrestriumque rerum observationes, 4°, Neapoli, 1646; tract. v), et porte la date du 15 novembre 1645. Une observation semblable a été renouvelée ensuite par sept autres astronomes, dont quelques-uns ont suivi le prétendu satellite pendant plusieurs jours, tellement que *Lambert* a pu en rassembler 14 positions d'une précision plus ou moins grande (BaJ, 1777, 187).

On trouvera les diverses observations analysées dans les notices suivantes :

Hell, M. Relatio observationum satellitis Veneris...; dans EpV, 1766, 15-32.

Hase, C. Tabellarische Uebersicht der Beobachtungen eines angeblichen Venusmondes; dans ZfM, III, 1854, 15 & 16.

Schorr, F. Beobachtungen der Venusmondes; dans son ouvrage : Der Venusmond, 8°, Braunschweig, 1875; p. 66 & 67.

Lambert a cherché à représenter les observations par une orbite elliptique (Berlin, Mem., 1773, 222); il a trouvé :

Époque 1760,0.	Longitude aphroditocentrique . . .	120°
	Longitude périaphrodite	100 + 100° t,
	Longitude du nœud ascendant . . .	149 — 97 t,
	Inclinaison	64
	Excentricité.	0,195
	Distance moyenne à Vénus	60¼ rayons de la planète,
	Révolution	11j 3h.

La lettre t représente le nombre d'années écoulées à partir de l'époque.

Cette orbite représente assez exactement 14 positions; mais comme *Lambert* a admis parmi les inconnues le mouvement du périhélie et celui du nœud, on voit qu'il disposait de neuf quantités, pour satisfaire à des observations souvent assez vagues et susceptibles, par conséquent, d'une certaine latitude dans l'interprétation.

Schorr (Der Venusmond déjà cité; p. 9), ayant recalculé la durée de la révolution, est arrivé au chiffre

12j,1707 = 12j 4h 6m.

La masse de Vénus, déduite des éléments qui précèdent, serait près de sept fois trop considérable, ce qui jette un doute très-grave sur le bien-fondé des calculs.

Aussi a-t-on cherché diverses explications pour rendre compte des observations, sans admettre qu'il s'agit d'un véritable satellite.

Hell (EpV, 1766, 57) croit que la miniature de Vénus, aperçue près de la planète, est due à une réflexion sur les surfaces des lentilles oculaires, *Boscovich* (Dissertationes quinque ad dioptricam pertinentes, 4°, Vindobonae, 1767; n° v, vers la fin) partage cette opinion.

Von Ende s'est demandé (MCz, XXIV, 1811, 494) s'il ne s'agirait pas d'astéroïdes situés entre Mars et Jupiter, accidentellement voisins de Vénus aux époques des observations. *Bertrand* a reproduit récemment cette conjecture (JdS, 1875, 450).

Les astronomes désireux d'examiner à fond cette question énigmatique pourront consulter, outre les observations originales,

2177. Baudouin, —. Mémoire sur la découverte du satellite de Vénus, et sur les nouvelles observations qui viennent d'être faites à ce sujet; 12°, Paris, 1761.

Suivi d'un autre opuscule du même auteur, intitulé : Remarques sur une quatrième observation du satellite de Vénus.

Traduction.

Von der Entdeckung eines Trabanten der Venus und den neuen Beobachtungen desselben; 8°, Berlin, 1761.

2178. Hell, M. De satellite Veneris. EpV, 1766, 1.

2179. Hasse, C. Von den Wahrnehmungen welche von einigen auf die Existenz eines Venusmondes bezogen sind. BfH, II, 1800, 241; III, 1804, 1.

2180. Schorr, F. Der Venusmond; 8°, Braunschweig, 1875.

CHAPITRE XII.

LA TERRE.

---

§ 191. ISOLEMENT ET RONDEUR.

L'idée de l'isolement de notre globe et de sa suspension dans l'espace remonte à l'antiquité. *Eudoxe* regardait la Terre comme une sphère isolée de toutes parts (*Diogenes Laertius*, De vitis, dogmatibus et apophtegmatibus clarorum philosophorum [G], lib. VIII, cap. 90; *Cicero*, De divinatione [L], lib. II, cap. 42). *Démocrite* exprima plus tard la même opinion (*Plutarchus*, De placitis philosophorum [G], lib. III, cap. 15, 16). Mais c'est dans *Aristote* (Problemata [G], sect. XV, quaest. 5; aussi De coelo [G], lib. II, cap. 4, 14) qu'on trouve ce fait établi, pour la première fois, sur des bases vraiment scientifiques. Ce grand philosophe n'affirme pas seulement l'isolement de la Terre; il conclut sa rondeur des inclinaisons diverses de la sphère céleste, suivant le parallèle terrestre qu'on occupe; il démontre enfin sa sphéricité, par la figure de l'ombre qu'elle projette dans les éclipses de Lune.

Arysbhatta, chez les Hindoux, admettait aussi la rondeur et l'isolement de la Terre (*Colebrooke*, Miscellaneous essays, 2 vol. 8°, London; vol. II, 1837, p. 467). On peut donc regarder cette notion comme ayant acquis, dans l'antiquité, un caractère de généralité.

Une des conséquences de cette conception, c'était l'existence des antipodes. *Cicéron* (Quaestiones academicae [L], lib. IV, cap. 39), *Pline* (Historia naturalis [L], lib. II, cap. 65), *Plutarque* (De facie in orbe Lunae [G]) se montraient disposés à l'admettre. Ce fut seulement par des raisons accessoires qu'au IV[e] siècle, les pères de l'Église romaine la rejetèrent, notamment *Lactance* (Institutiones divinae; lib. III, cap. 24), et saint *Augustin* (De civitate Dei; lib. XVI, cap. 9). Mais cette opposition systématique et mal appuyée finit par tomber. On a fait la remarque qu'au XVI[e] siècle, peu d'années avant la circumnavigation de *Magellan*, le chroniqueur bavarois *Thürmayer*, plus connu sous le nom latin d'*Aventinus*, avait encore combattu l'existence des antipodes, dans ses Annales boiorum, publiées à Ingolstadt, en 1554, in-fol; voir lib. III.

Le groupement de toutes les parties du globe autour de son centre est, dit *Platon* (Phaedon [G]), l'effet d'une attraction. La Terre ne tombe pas dans un sens déterminé, dit de son côté *Manilius* (Astronomicon [L], lib. I, v. 165, 187), parce que ses différentes parties tombent en tous sens. Au XIV[e] siècle, *Dante* formula d'une manière plus précise cette considération : il définit le centre de la Terre, le point de concours de tous les corps pesants (Inferno, cant. XXXIV, v. 90, 110, 111).

§ 192. ANNÉE TROPIQUE.

Nous avons parlé au § 144, p. 344, des mouvements de la Terre, et aux §§ 145 et 146 de la célèbre controverse qui s'est élevée à ce sujet. Il ne nous reste à considérer ici que le transport, toujours parallèlement à lui-même, de l'axe de rotation du globe. *Copernic*, en considérant la Terre comme un corps qui se meut autour d'un centre fixe, avait cru que l'axe de rotation devrait conserver une inclinaison constante sur le rayon vecteur. Il pensait donc que l'action périodique d'une force particulière, était nécessaire pour le ramener au parallélisme (Copernicus, Rev, 1543, lib. I, cap. 11). Mais *Képler* combattit cette idée avec beaucoup de justesse, le parallélisme, suivant lui, devant se maintenir naturellement (Keplerus, Epi, fasc. I, 1618, lib. I, part, V, nº 5. — Reproduit : Keplerus, Opa, VI, 1866, 175). Parlant du maintien parallèle de l'axe, il dit aux astronomes de son temps, suivant l'expression pittoresque d'*A. de Morgan* (A budget of paradoxes, 8º, London, 1872; p. 361) « you need not pay so dear for it. » La force périodique de *Copernic* était ainsi supprimée.

Mais si le parallélisme de l'axe avec lui-même se maintient par la seule inertie, l'excursion annuelle du Soleil entre les tropiques demeure comme effet d'oscillation. Le mot « tropai » est dans *Hesiode* (Opera et dies [G]), et aussi dans *Homère* (Odyssea [G], lib. XV, v. 403). La course annuelle du Soleil dans l'écliptique, oblique à l'équateur, est décrite par *Ovide* (Metamorphoses [L], lib. II, v. 70).

Les plus anciens peuples ont mesuré, au moins approximativement, la durée de l'année tropique. Ceux qui disposaient d'une longue série d'observations, pouvaient y apporter plus de précision que ceux dont la civilisation était récente. C'est ce qui ressort clairement du tableau suivant.

Valeurs attribuées à l'année tropique.

		Durée de l'année tropique.			
— 3101?	Les Hindoux, d'après les tables rapportées de Tirvalour par *Legentil*. (*Bailly*, Traité de l'Astronomie indienne, 4º, Paris, 1787; p. 124.)	365j	5h	50m	35s
— 750 ∓	Les Chaldéens. (*Albategnius*, De motu stellarum [A], cap. 27.)	365	5	50	57
— VIe siècle.	Euctemon. (Riccioius, Alm, I, 1651, 159.)	365	6	18	56,85
— 520 ∓	Harpalus. (*Censorinus*, De die natali, cap. 7.)	365	13		
— 500 ∓	Les Égyptiens. (*Herodotus*, Historia [G], lib. II, cap. 4, 5.)	365	6	0	
— 330.	Calippe. (Riccioius, Alm, I, 1651, 159.)	365	6	0	

		Durée de l'année tropique.			
— 280.	Aristarque. (*Bailly*, Histoire de l'Astronomie moderne, 2e édit., 3 vol. 4º, Paris, 1785; t. I, p. 440.)	365j	5h	49m	50s
— 250 ∓	Archimède. (Riccioius, Alm, I, 1651, 159.)	365	6	0	
— 200 ∓	Ennius. (*Censorinus*, De die natali, cap. 7.)	366			
— Ier siècle.	Geminus. (Isagoge in phaenomena, cap. 6.)	365	6	0	
+ 140.	Ptolémée, par ses observations comparées à celles d'*Hipparque*. (Ptolemaeus, MCo, lib. III, cap. 2.)	365	5	55	14
IIe siècle.	Œnopides. (*Censorinus*, De die natali, cap. 7.)	365	8	57	
200?	Aphrodius. (*Censorinus*, De die natali, cap. 7.)	365	3		
220 ∓	Africanus. (Fragmenta; dans : *Thévenot*, Mathematici veteres, fol., Parisiis, 1694.)	365	6	5	
IIIe siècle?	Samuel. (*Munsterus*, Kalendarium hebraicum; 4º, Basileae, 1527.)	365	6	0	
290 ∓	Adda. (*Munsterus*, Kalendarium hebraicum; 4º, Basileae, 1527.)	365	5	55	25,44
880.	Albategnius. (De motu stellarum [A], cap. 27.)	365	5	46	30
1001?	Les Hindoux. (*Burgess*, Translation of Sûrya Siddhânta, 8º, New Haven, 1860; ch. I, p. 17.)	365	5	52	14,0
1216.	Thebit ben Corrah. (*Bailly*, Histoire de l'Astronomie moderne, 2e édit., 3 vol. 4º, Paris, 1785; t. I, p. 391.)	365	5	46	40
1230.	Aboul-Hhassan. (*J. J. Sédillot*, Traité des instruments astronomiques des Arabes, 2 vol. 4º, Paris; part. I, ch. 3, t. I, 1834, p. 82).	365	5	54	1
1280.	Alphonse. (Cœlestium motuum tabulae, 4º, Venetiis, 1483. — Comparez : *Purbacchius*, Theoricae novae planetarum, fol., [Norimbergae, 1472])	365	5	49	15,96
1271.	Nassir-Eddin. (*Bailly*, Traité de l'Astronomie indienne, 4º, Paris, 1787; p. 155.)	365	5	49	2
1278.	Cocheou-King, à la Chine. (Paris, H & M, 1787, 140.)	365	5	49	40
1310 ∓	Dante Alighieri. (*Mazzonus*, Difesa della Comedia di *Dante*, 4º, Cesena, 1573; lib. III, cap. 26.)	365	5	45	36
XIVe siècle.	Les Perses. (*J. J. Scaliger*, Opus de emendatione temporum, fol., Parisiis, 1583; lib. IV, cap. 4.)	365	5	48	30

	Durée de l'année tropique.
XIVe siècle. Les Perses. (*Longomontanus*, Astronomia danica, fol., Amsterodami, 1622; theoria. lib. I, cap. 2) . .	365j 5h 48m 45,5
XIVe siècle. Les Perses. (Bullialdus, Aph, 1645, lib. II, cap. 5.)	365 5 48 50
1346. Chrysococca. (*Bailly*, Traité de l'Astronomie indienne, 4°, Paris, 1787; p. 155.)	365 5 48 57
1350 ∓ I. Argyre. (*Argyrus*, Computus ecclesiasticus, dans : Petavius, Doc, II, 1630.).	365 5 52 48
1437. Ulug-Beg. (*Bailly*, Histoire de l'Astronomie moderne, 2e édit., 3 vol. 4°, Paris, 1785; t. I, p. 612.) . . .	365 5 48 45
1475. Walther. (Cité : Ricciolus, Alm, I, 1651, 159.) . . .	365 5 48 50
1543. Copernic. (Copernicus, Rev, lib. III, cap. 14.)	365 5 49 6
1545. Cardanus. (Libelli duo, 4°, Norimbergae; libel. II, de restitutione temporum.)	365 5 48 41
1551. Reinhold, d'après les observations de *Copernic*. (Tabulae prutenicae; 4°, Tubingae.)	365 5 49 16,20
1560. Pitati. (*Pitatus*, Compendium super annua solaris, 4°, Veronae.)	365 5 49 6
1561. Santbech. (Problemata astronomica; fol., Basileae.) . .	365 5 48 41,71
1580 ∓ Maestlin. (Keplerus, Epi, I, 1618, 561. — Reproduit : Keplerus, Opa, VI, 1866, 274.)	365 5 49 15,77
1582. Clavius. (Romani calendarii a Gregorio XIII restituti explicatio; fol., Romae, 1603. — Reproduit dans ses Opera mathematica, 5 vol. fol., Moguntiae, 1612; vol. V.).	365 5 49 12
1580. Magini. (*Maginus*, Novae coelestium orbium theoricae, 4°, Venetiis; theoria. Solis, cap. 10.)	365 5 49 16
1600 ∓ Les Hindous modernes. (Calcutta, AsR, II, 1790, 276.)	365 5 47 15
1602. T. Brahé. (Brahaeus, AIP, 1602, I, 55. — Reproduit : Brahe, Opa, 1648, 22.)	365 5 48 45
1614. Origan. (*Origanus*, Brevis ac utilis themotographia, 4°, Francofurti Marchionum.)	365 5 48 45,76
1622. Longomontanus. (Astronomia danica, fol., Amsterodami; theoria., lib. I, cap. 2.)	365 5 48 55
1627. Képler. (Tabulae rudolphinae; fol., Ulmae.)	365j 5h 48m 57,6
1627. Petau. (Petavius, Doc, I; cap. 25.)	365 5 49 0
1632. Lansberg. (*Lansbergius*, Tabulae motuum coelestium perpetuae, 4°, Middelburgi; canones Solis. — Reproduit dans ses Opera, fol., Middelburgi, 1663; tabul., p. 15.)	365 5 48 57,04
1644. Wendelin. (*Wendelinus*, Luminarcani, 4°, Antuerpiae; tabulae atlanticae idea.)	365 5 49 5,45
1645. Boulliau. (Bullialdus, Aph, lib. II, cap. 5.)	365 5 49 4,58
1651. Riccioli. (Ricciolus, Alm, I, 159.)	365 5 48 40,0
1661. Streete. (Astronomia Carolina, 4°, London; tables.). .	365 5 48 8
1687. Flamsteed. (Newtonus, PPm, lib. I; aussi Theoria Lunae, dans ses Opera, édit. Horsley, t. III, 1782, p. 248.)	365 5 48 57
1719. Halley. (Tabulae astronomicae, 4°, Londini, 1740.). .	365 5 48 54,8
1740. J. Cassini, par la comparaison d'anciens équinoxes avec les observations modernes. (Cassini, Élm, 207.) . .	365 5 48 49
1746. Le Monnier. (Le Monnier, Ins, 469.)	365 5 48 57
1752. T. Mayer. (Gotinga, CH, II, 1752, 383.)	365 5 48 51
1757. La Caille. (Paris, H & M, 1757, 108.)	365 5 48 49
1757. J. J. de Lalande. (Paris, H & M, 1757, 426.). . . .	365 5 48 45,5
1782. J. J. de Lalande. (Paris, H & M, 1782, 227.). . . .	365 5 48 47,95
1784. Von Pacassi. (BaJ, 1788, 179.)	365 5 49 54,7
1802. Laplace. (Laplace, TMc, III, 1802, liv. VI, ch. vj, n° 22.)	365 5 48 50,83
1804. Von Zach. (Tabulae motuum Solis; 2e édit., 4°, Gothae.)	365 5 48 50,87
1806. Delambre. (Tables du Soleil, 4°, Paris.)	365 5 48 51,61
1806. Piazzi. (Del reale Osservatorio di Palermo, fol., Palermo; lib. VI, p. 58.)	365 5 48 49,84
1810. Carlini. (Tavole del Sole, dans : EpM, 1811.)	365 5 48 51,594
1815. Burckhardt, en discutant les observations du Soleil de *Maskelyne*. (CdT, 1816, 343.)	365 5 48 49,7

	Durée de l'année tropique.
1817. J. J. Littrow. (Cité : *Gehler's* Physikalisches Wörterbuch neu bearbeitet, 16 vol. 8°, Leipzig; vol. V, 1829, p. 665.)	365^j 5^h 48^m 50^s,532
1824. Laplace. (Exposition du système du monde, 5e édit., 2 vol. 4°, Paris; t. I, liv. I, ch. 3.)	365 5 48 49,70
1828. Bessel. (AN, VI, 267.) Pour l'époque 1800. . . .	365 5 48 47,809
Avec la variation annuelle, — 0^s,005 95.	
1853. Hansen & Olufsen. (Tables du Soleil; 4°, Copenhague.) Pour l'époque 1800	365 5 48 46,15
Avec la variation annuelle, — 0^s,005 39.	
1858. Le Verrier. (Paris, MOb, IV, 102). Pour l'époque 1800.	365 5 48 46,043
Avec la variation annuelle, — 0^s,005 39.	

Les limites des variations de l'année tropique par rapport à sa valeur moyenne ont été trouvées comme suit :

1834. F. T. Schubert. (Astronomie théorique, 3 vol. 4°, Hambourg; tom. III, p. 513.) . . . . $\mp 3\frac{1}{2}^m$

1873. Stockwell. (Smithsonian contributions to knowledge, 4°, Washington; vol. XVIII, p. xij.) . . . . $\mp 0^m$ 54^s,20

D'après ce dernier calculateur, les limites sont, par rapport à la durée actuelle,

— 59^s,15 et + 49^s,27.

Si l'on appelle p le mouvement annuel du point équinoxial en secondes d'arc, et q celui du périhélie de la Terre,

l'année sidérale surpasse l'année tropique de. . . . . . . 24^s,349 p
— anomalistique — — . . . . 24 349 q

§ 193. ELLIPTICITÉ DE L'ORBITE.

La non-uniformité du mouvement du Soleil, non-seulement suivant l'équateur, mais aussi dans l'écliptique, a dû être reconnue fort anciennement. C'était un fait acquis du temps d'*Hipparque* (Ptolemaeus, MCo, lib. III, cap. 4). On a signalé que les Hindoux étaient familiers avec cette inégalité, au VIIe siècle (Paris, His, II, 1735, 75).

Les deux éléments principaux de la théorie du Soleil étaient donc l'équation du

centre et la longitude de l'apogée, qui se confond, dans nos idées modernes, avec la longitude du périhélie de l'orbite terrestre. De plus, *Albategnius* découvrit (De motu stellarum, [A], cap. 28), dans la seconde partie du IXe siècle, que cette longitude va sans cesse en augmentant, ou, en d'autres termes, que le périhélie a un mouvement séculaire, dans le sens direct.

Nous allons donc comprendre, dans le tableau qui suit, la longitude du périhélie, sa variation en 100 années, et la plus grande équation du centre, tels que ces éléments sont tirés immédiatement des observations.

Valeurs attribuées aux éléments elliptiques de l'orbite de la Terre.

	Longitude du périhélie.	Mouvement du périhélie en 100 ans juliens.	Plus grande équation du centre.
—127. Hipparque. (Ptolemaeus, MCo, lib. III, cap. 4.)	65° 30′	»	2° 23′
139. Ptolémée. (Ptolemaeus, MCo, lib. III, cap. 4.)	65° 30′	»	2° 23′
830. Iahia ebn Aboumansour. (*Caussin*, Le livre de la table hakémite, 4°, Paris, 1804; p. 40.)	82° 39′	»	1° 59′
832. Send ebn Ali. (*Caussin*, ibid.; p. 40.)	82° 1′ 57″	»	1° 59′ 54″
832. Moussa ebn Shaker. (*Caussin*, ibid.; p. 124.)	83° 0′	»	2° 0′ 30″
834. Aboulcassem Ahmed. (*Caussin*, ibid.; p. 126.)	84° 33′	»	2° 0′ 0″
860 ∓ Moflih ebn Iousseof. (*Caussin*, ibid.; p. 126.)	84° 3′	»	2° 0′ 30″
860. Alfragan. (Rudimenta astronomica [A]; diff. XIII.)	»	1° 0′ 0″	
882. Albategnius. (De motu stellarum [A]; cap. 28.)	82° 17′	1° 30′ 27″	1° 59′

	Longitude du périhélie.	Mouvement du périhélie en 100 ans (juliens).	Plus grande équation du centre.

1006. Ebn Iounis. (*Caussin*, Le livre de la table hakémite, 4°, Paris, 1804; p. 216.)

86°10′	»	2° 6′ 30″

1076. Arzachel. (*Regiomontanus*, Epytoma in Almagestum, fol., Venetiis, 1496; lib. III, prop. 13.)

77°30′	1°10′ 27″	1°50′

1281. Aboul-Hassan. (*J. J. Sédillot*, Traité des instruments astronomiques des Arabes, 2 vol. 4°, Paris; t. I, 1834, p. 153.)

86°12′	0°57′ 20″	»

1252. Alphonsus. (Coelestium motuum tabulae, fol., [Norimbergae, 1472]; prop. XII.)

86°40′	0°44′ 8″	2°10′

1278. Cocheou-King, calculé par *La Caille*. (Paris, H & M, 1757, 140.)

88°10′	»	»

1346. Chrassococca. (*Bailly*, Traité de l'Astronomie indienne, 4°, Paris, 1787; p. 156,155.)

»	1°25′ 42″	2° 0′ 30″

1437. Ulug-beg. (*Bailly*, Ibid.)

»	1°25′ 40″	1°55′ 53″

1488. Walther. (Brahaeus, AIP, 1602, 20, 31, 55, 61. — Reproduit : Brahe, Opa, 1648, 14, 19, 36, 55.)

94°15′	»	2° 1′ 30″

1496. Walther. (Calculé par *La Caille*, Paris, H & M, 1759, 31.)

95°57′ 57″	»	1°55′ 40″

1515. Copernic. (Copernicus, Rev, 1543, libr. III, cap. 16, 17, 22, 19.)

96°40′	0°40′ 34″	1°51′

Corrigé : (Riccioius, Are, 1665, I, 32.)

95° 9′	»	2° 3′ 0″

1555. Nuñez. (*Nonius*, In theoricas planetarum G. Purbachii annotationes; fol., Conimbricae, 1573.)

91°20′	»	2°10′

	Longitude du périhélie.	Mouvement du périhélie en 100 ans (juliens).	Plus grande équation du centre.

1555. Reinhold. (*Reinholdus*, Prutenicae tabulae, 2e édit., 4°, Witebergae, 1580; praec. XVII.)

101°32′ 51″	0°42′ 33″	1°50′ 30″

1588. T. Brahé. (Brahaeus, AIP, 1602, 20, 31, 55, 61. — Reproduit : Brahe, Opa, 1648, 14, 19, 36, 55.)

95°30′	1°15′ 0″	2° 3′ 15″

1588. Képler, en recalculant les observations de *T. Brahe*. (*Keplerus*, Astronomia nova, fol., Pragae, 1609; cap. 23. — Reproduit : Keplerus, Opa, III, 1860, 277.)

95°32′	»	»

1588. Képler. (Tabulae rudolphinae, fol., Ulmae, 1627; p. 42.)

»	1°43′ 20″	2° 3′ 40″

1588. Magini, par les observations de *T. Brahe*. (*Maginus*, Supplementum ephemeridum ac tabularum secundorum mobilium; 4°, Venetiis, 1614.)

96°30′ 40″	1°15′ 0″	2° 3′ 15″

1588. Byrge. (Cité par *Snellius*, Coeli et siderum in eo errantium observationes hassiacae; 4°, Lugduni Batavorum, 1618.)

96°53′ 20″	»	2° 33′ 0″

1590. Longomontanus. (Astronomia danica, 4°, Amsterodami, 1622; theoria, lib. I, cap. 2,3.)

95°30′	1°42′ 24″	2° 2′ 40″

1590. Boulliau, en recalculant les observations de *T. Brahe*. (Bullialdus, Aph, 1645, lib. II, cap. 2.)

95°23′ 20″	1°30′ 0″	2° 2′ 41″

1590. Lansberg. (*Lansbergius*, Tabulae motuum coelestium, 4°, Middelburgi, 1632; can. XII.)

96°22′ 50″	1°50′ 51″	2°12′ 30″

1600. Christmann. (*Christmannus*, Observationum solarium libri tres; 4°, Basileae, 1601.)

»	»	2° 2′ 40″

Longitude du périhélie.	Mouvement du périhélie en 100 ans (julienne).	Plus grande équation du centre.

1600. WENDELIN. (*Wendelinus*, Luminarcani, 4°, Antuerpiae, 1644; tabulae atlanticae idea.)

95° 42′ 0″ — 1° 47′ 54″ — 2° 0′ 0″

1607. A. METIUS. (Institutiones astronomicae; 8°, Franekerae, 1606.)

95° 40′ — » — »

1645. RHEITA. (*Schyrlaeus de Rheita*, Oculus Enoch et Eliae, fol., Antuerpiae, 1645; part. I, lib. III, cap. 1,2.)

95° 29′ — 1° 53′ 0″ — 2° 5′ 30″

1650. STREETE. (Astronomia carolina; 4°, London, 1661.)

» — » — 1° 50′

1650. MUT. (Observationes motuum coelestium; 4°, Majoricis, 1666.)

» — 1° 41′ 40″ — 2° 10′ 0″

1655. RICCIOLI. (RiccioIus, Ara, 1665, I, 52.)

95° 33′ 0″ — 1° 40′ 27″ — 1° 56′ 30″

1684. LA HIRE. (Calculé par *La Caille*, Paris, H & M, 1750, 11.)

97° 28′ 0″ — » — 1° 55′ 51″

1690. FLAMSTEED. (*Flamsteedius*, Historia coelestis, 3 vol. fol., Londini, 1725; vol. III, proleg., p. 159.)

97° 35′ 0″ — 1° 43′ 0″ — 1° 56′ 0″

1690. L. EULER. (Petropolis, CM, VII, 1740, 96.)

96° 55′ 44″ — » — 1° 55′ 7″

1700. LA HIRE. (Tabulae astronomicae, 2 part. 4°, Parisiis; part. I, 1687.)

98° 7′ 30″ — 1° 42′ 30″ — 1° 55′ 42″

1700. DE LOUVILLE. (Paris, H & M, 1720, 35.)

97° 55′ 40″ — 1° 28′ 43″ — »

1700. HALLEY. (*Halleius*, Tabulae astronomicae, 4°, Londini, 1749.)

» — 1° 41′ 7″ — 1° 53′ 20″

Longitude du périhélie.	Mouvement du périhélie en 100 ans (julienne).	Plus grande équation du centre.

1738. J. CASSINI. (Cassini, Elm, 1740, 197, 192.)

98° 19′ 0″ — 1° 42′ 55″ — 1° 55′ 54″

1746. LE MONNIER. (Le Monnier, Ins, ch. X, avec correction, p. 600.)

98° 31′ 42″ — 1° 45′ 0″ — 1° 55′ 30″

1750. LA CAILLE, par ses observations. (Paris, H & M, 1757, 108.)

98° 38′ 4″ — 1° 40′ 55″ — 1° 55′ 31″,75

1750. T. MAYER. (Tabulae motuum Solis et Lunae, 4°, Londini, 1770.)

98° 37′ 34″ — 1° 50′ 0″ — 1° 56′ 31″,8

1750. VON PACASSI. (BaJ, 1788, 199.)

98° 33′ 0″ — 1° 46′ 4″,2 — 1° 55′ 40″,9

1750. DELAMBRE, par la discussion des observations de Greenwich de *Maskelyne*. (Berlin, Mem., 1785, 191; 1786, 254.)

98° 8′ 20″ — 1° 43′ 20″ — 1° 53′ 30″

1788. TRIESNECKER. (EpV, 1795, 457, 458, 450.)

99° 17′ 32″ — 1° 43′ 20″ — 1° 55′ 30″,9

1800. VON ZACH. (Tabulae motuum Solis, 4°, Gothae, 1792, avec Supplementum, 1804.)

99° 26′ 20″ — 1° 43′ 20″ — 1° 55′ 20″

1800. DELAMBRE. (Tables du Soleil; 4°, Paris, 1806.)

99° 30′ 5″ — 1° 43′ 28″ — 1° 54′ 45″,5

1800. BESSEL, par 14 années d'observations de Königsberg. (ANn, VI, 1828, 206.)

99° 30′ 8″,30 — 1° 42′ 31″,7 — 1° 55′ 27″,8

1801. BURCKHARDT, par une nouvelle discussion des observations du Soleil. (CdT, 1816, 344.)

99° 30′ 2″,5 — » — 1° 54′ 42″,1

1805. PIAZZI. (Del reale Osservatorio di Palermo, fol., Palermo; lib. VI, 1806, p. 52, 55, 80.)

99° 34′ 31″,5 — 1° 45′ 40″ — 1° 55′ 26″,18

	Longitude du périhélie.	Mouvement du périhélie en 100 ans (Juliens).	Plus grande équation du centre.
1830. Airy, par les observations de Greenwich de 1816 à 1826. (London, PTr, 1828, 23.)	99° 46′ 20″,3	»	1° 55′ 30″,9
1850. Hansen & Olufsen. (Tables du Soleil, 4°, Copenhague, 1854; p. 1. — Mouvement du périhélie d'après *Olufsen*, Tables de la Lune, 4°, Londres, 1857; p. 16.)	100° 21′ 41″,98	1° 42′ 36″,40	1° 55′ 10″,22
1850. Le Verrier, par les observations de Greenwich, de Paris et de Königsberg. (Paris, Mób, IV, 1858, 102, 105.)	100° 21′ 21″,5	1° 42′ 40″,36	1° 55′ 15″,78
1850. Powalky, par les observations du Soleil à Dorpat de 1828 à 1839. (ANn, LXXXVIII, 1876, 265.)	100° 21′ 30″,1	»	»

§ 194. THÉORIE ET TABLES.

Jusqu'à la fin du siècle dernier, les mouvements de la Terre n'ont été considérés, dans les tables, qu'au point de vue purement elliptique. Les perturbations de cette planète avaient cependant été calculées dans un certain nombre de mémoires, parmi lesquels nous citerons :

2181. Clairaut, A. C. Mémoire sur l'orbite apparente du Soleil autour de la Terre, en ayant égard aux perturbations produites par les actions de la Lune et des planètes principales. Paris, H & M, 1754, 521.

2182. Alembert, J. L. d'. Inégalités du mouvement de la Terre.

Dans ses Recherches sur différents points importants du système du monde, 3 vol. 4°, Paris; t. II, 1754 et t. III, 1756.

2183. Euler, L. De perturbatione motus Terrae ab actione Veneris oriunda. Petropolis, NCi, XVI, 1772, 426. — Comparez : Petropolis, Act, 1778, 308 et 1779, II, 359.

2184. Euler, L. Réflexions sur les inégalités dans le mouvement de la Terre causées par l'action de Vénus, avec une table des corrections du lieu de la Terre. Petropolis, Act, 1778, 297.

2185. Lagrange, J. L. de. Calcul des variations indépendantes des excentricités et des inclinaisons pour chacune des six planètes principales. Berlin, Hom₁, 1784, 187. — Reproduit : Lagrange, Œu, V, 1870, 417.

2186. Lalande, J. J. de. .... Sur la valeur des équations du Soleil produites par Vénus et par la Lune. Paris, H & M, 1786, 598.

2187. Schubert, F. T. Sekular-Gleichungen der Erde; periodische Gleichungen der Erde.

Dans sa Theoretische Astronomie, 3 vol. 4°, St. Petersburg, 1798; vol. III, p. 210, 217.

2188. Laplace, P. S. de. Théorie du mouvement de la Terre. Laplace, TMc, III, 1802, liv. VI, ch. 10.

2189. Nicolai, F. B. G. Neue Berechnung der secular Aenderungen der Elemente der Erdbahn. BaJ, 1820, 224.

2190. Schubert, F. T. Inégalités séculaires de la Terre; inégalités périodiques de la Terre.

Dans son Astronomie théorique, 3 vol. 4°, Hambourg, 1834; vol. III, p. 564, 591.

2191. Pontécoulant, G. de. Théorie de la Terre.

Dans son Exposition analytique du système du monde, 4 vol. 8°, Paris; t. III, 1834, p. 417.

2192. Le Verrier, U. J. Théorie du mouvement apparent du Soleil. Paris, Mób, IV, 1858, 1, [5], [25], [91].

2193. Lehmann, W. Säcularstörungen der Erde. ANn, LX, 1863, 293.

Parmi les inégalités qui affectent le mouvement de la Terre, il y en a une d'une grande importance, parce qu'elle permet d'évaluer la parallaxe du Soleil. Elle a reçu le nom d'équation lunaire, et a été signalée pour la première fois par *La Caille* (Paris, H & M, 1750, 172). Voici le coefficient de cette inégalité, d'après différents astronomes.

Valeurs attribuées à l'équation lunaire de la longitude de la Terre.

1752. T. MAYER, par la discussion des observations. (Gotinga, Cli, II, 385.) . 8,0

1754. CLAIRAUT, en comparant les observations aux tables du Soleil de *La Caille*. (Paris, H & M, 1754, 521.) 8,7

1757. D'ALEMBERT, par la théorie. (Paris, H & M, 1757, 157.) 7,8

1770. MASKELYNE, en comparant les observations du Soleil aux tables de *Mayer*. (*Mayer*, Tabulae motuum Solis et Lunae; 4°, Londini.) . 7,1

1802. LAPLACE, par la théorie. (Laplace, TMc, III, liv. VI, ch. XI, n° 21.) . . 8,83

1806. DELAMBRE, par la discussion des observations. (*Delambre*, Tables du Soleil; 4°, Paris.) 7,5

1815. BURCKHARDT, par près de 4,000 observations du Soleil, de Greenwich, de 1774 à 1810. (CdT, 1816, 341.) 6,8

1818. LAPLACE, par la théorie. (Paris, Mem₂, III, 489.) 7,50

1828. BESSEL, par 14 années d'observations du Soleil à Königsberg. (ANn, VI, 265.) 6,0

1828. AIRY, par les observations de Greenwich de 1816 à 1826. (London, PTr, 1828, 50.) 6,46

1858. LE VERRIER, en discutant les observations du Soleil, de Greenwich, de 1816 à 1830, celles de Paris de 1804 à 1815, et celles de Königsberg de 1814 à 1830. (Paris, MOb, IV, 109.) 6,50

1867. NEWCOMB, par les observations du Soleil, de Greenwich, de 1851 à 1864, et celles de Washington de 1861 à 1865. (Washington, Obs₂, 1865; app. II, p. 25, 26.) 6,440

Voici maintenant l'indication des tables spéciales des mouvements de la Terre, ou, si l'on préfère, des mouvements apparents du Soleil. Dans les dernières tables générales mentionnées au § 156, ce qui concerne ces mouvements était déjà, dans les deux éditions de *Lalande*, l'œuvre de spécialistes : dans l'édition de 1771, les tables du Soleil étaient celles de *La Caille*, et dans l'édition de 1792, elles avaient été préparées par *Delambre*, qui plus tard les a revues, et en a fait l'objet d'un travail séparé.

Nous croyons utile de montrer, par la liste ci-dessous, combien les tables du Soleil ont été souvent reprises et retravaillées.

2194. Flamsteed, J. Solar tables.

Dans *Hodgson*, *J.* A system of the mathematics, 2 vol. 4°, London, 1723; dans le vol. II.

2195. Euler, L. Tabulae astronomicae motuum Solis.

Dans ses Opuscula varii argumenti, 3 vol. 4°, Berolini; vol. I, 1746.

2196. Mayer, T. Novae Tabulae motuum Solis et Lunae. Gotinga, Cli, II, 1752, 385. — Nouvelle édition revue par *Maskelyne*, avec titre en latin et en anglais [New and correct tables of the Sun and Moon]; 4°, London, 1770.

Les tables du Soleil de *T. Mayer* sont reproduites, en outre : d'après la 1re édition, dans *B. Martin*, Institutions of astronomical calculations, 2 part. 8°, London, part. I, 1765; et d'après la 2e édition, adaptées au méridien de Berlin, par *Bode*, dans la Sammlung astronomischer Tafeln, publiée par l'Académie de Berlin, 3 vol. 8°, Berlin, vol. 1, 1776, p. 226.

2197. La Caille, N. L. de. Tabulae solares e novissimis observationibus deductae; 4°, Parisiis, 1758.

Ces tables, qui étaient les plus soignées que l'on connût, pendant la seconde moitié du XVIIIe siècle, ont été souvent reproduites, notamment dans les ouvrages suivants :

Lalande, *J. J. de.* Exposition du calcul astronomique; 8°, Paris, 1762.

EpV, 1764, 5.

Rochon, *A. M. de.* Opuscules mathématiques, 8°, Paris, 1768; à la fin.

Lalande, Ast₂, I, 1771.

Euler, *L.* Novae tabulae lunares, 8°, Petropoli, 1772; à la fin.

2198. Triesnecker, F. v. P. Tabulae solares ex observationibus deductae. EpV, 1795, 401.

La date d'impression de ce volume est 1792.

2199. Zach, F. X. de. Tabulae motuum Solis novae et correctae ex theoria gravitatis de *Laplace* et ex observationibus recentissimis in Specula astronomica Ernestina habitis erutae; 4°, Gothae, 1792.

2200. Zach, F. X. de. Tabulae motuum Solis novae et iterum correctae; 4°, Gothae, 1804.

L'auteur donne ces tables comme un supplément à celles de 1792. Il y en a un abrégé, partant du méridien de Paris, dans MCz, XIX, 1809, 25. Cet abrégé a été publié séparément, dans une édition en français :

2201. Zach, F. X. de. Tables abrégées et portatives du Soleil; 8°, Florence, 1809.

2202. Zach, F. X. von. Tafeln der mittlern geraden Aufsteigungen der Sonne in Zeit zur Verwandlung der Sternzeit; 4°, Gothae, 1804.

2203. Delambre, J. B. J. Tables du Soleil; 4°, Paris, 1806.

Dans les Tables astronomiques publiées par le Bureau des Longitudes.

2204. Carlini, F. Tavole del Sole pel meridiano di Milano. EfM, 1811, I.

La forme de ces tables est fort simple; mais les éléments d'après lesquels elles sont calculées n'ont rien d'original; ce sont ceux de *Delambre*.

2205. Carlini, F. Nuove tavole dei moti apparenti del Sole pel meridiano di Milano. Efm, 1833, I.

La forme est la même que celle des tables du volume de 1811; mais ici les éléments qui ont servi de base sont ceux de *Bessel*.

2206. Largeteau, C. L. Tables abrégées pour le calcul des équinoxes et des solstices. Paris, Mem, XXII, 1850, 477. — Aussi : CdT, 1847, 163.

2207. Hansen, P. A. & Olufsen, C. F. R. Tables du Soleil; 4°, Copenhague, 1853. + Supplément par *Hansen, P. A.*; 4°, Copenhague, 1857.

Hartwig a donné dans ANn, LI, 1859, 59, un errata de ces tables. Il faut ajouter + 1″ aux longitudes de *Hansen* & *Olufsen*, pour rendre leurs tables comparables à celles de *Le Verrier*.

2208. Le Verrier, U. J. Tables générales du mouvement du Soleil. Paris, MOb, IV, 1858, 102.

2209. Encke, J. F. .... Abgekürzten Sonnen-Tafeln, welche mit dem Argumente der Sonnen-Länge die julianischen Daten angeben. BaJ, 1866, 559.

Ces tables s'appliquent aux temps passés jusqu'en — 2 200.

2210. Stürmer, C. H. Sonnentafeln nach Le Verrier's Elementen der Sonnenbahn berechnet; 4°, Würzburg, 1875.

On trouvera des notices historiques sur les tables du Soleil, dans les articles ci-dessous :

2211. Bode, J. E. Kurze litterarische Geschichte der Tafeln vom Sonnenlauf. BaJ, 1795, 233.

2212. [Lindenau, B. von]. Geschichtliche Uebersicht der allmählichen Ausbildung der Sonnentafeln. MCz, XII, 1805, 70.

Nous terminerons ce paragraphe, en rapportant les éléments de l'orbite terrestre qui, depuis le commencement de notre siècle, ont été accueillis avec la plus de faveur.

La lettre t représente toujours le temps, en années juliennes de 365 ¼ j.

1806. Delambre (Tables astronomiques publiées par le Bureau des Longitudes de France, 4°, Paris, 1806; Explication et usage des Tables du Soleil).

Époque 1800, minuit commençant le 1er janv., t. m. Paris.

Longitude moyenne	100° 28′ 32″,6 + 1 296 027,48 t,
Longitude du périhélie	99 30 0,0 + 61,91 t,
Plus grande équation du centre .	1 55 26,8 − 0″,1718 t − 0″,000 006 83 t^2.

1830. Bessel (ANn, VI, 263, 267).

Époque 1800, janv. 0j,0, t. m. Paris.

Longitude moyenne	99° 54′ 1″,76 + 1 296 027″,805 6 t + 0″,000 122 18 t^2,
Longitude du périhélie.	99 30 8,20 + 61,517 1 t + 0,000 263 90 t^2,
Plus grande équation du centre .	1 55 25,78 − 0,179 84 t − 0,000 006 66 t^2,

1853. HANSEN & OLUFSEN (Tables du Soleil, 4°, Copenhague. — Pour le mouvement du périgée : *Hansen*, Tables de la Lune, 4°, Copenhague, 1857; p. 16).

Époque 1850, janv. 0,0, t. m. Paris.

Longitude moyenne.	99° 47′ 54″,00 + 1 296 027″,702 3 t + 0″,000 110 05 t^2,	
Longitude du périhélie	100 21 41,92 +	61,505 9 t + 0,000 106 9 t^2,
Plus grande équation du centre.	1 55 10,23 —	0,170 6 t — 0,000 006 15 t^2,

1858. LE VERRIER (Paris, Mém, IV, 102).

Époque 1850, janv. 11,0, t. m. Paris.

Longitude moyenne	100° 46′ 43″,91 + 1 296 027″,670 4 t + 0″,000 110 73 t^2.	
Longitude du périhélie	100 21 21,5 +	61,690 3 t + 0,000 182 3 t^2,
Plus grande équation du centre.	1 55 18,77 —	0,175 10 t — 0,000 005 64 t^2.

§ 195. DIMENSIONS.

Anaximandre passe pour avoir été l'auteur, vers l'an — 580, de la première sphère géographique (*Strabon*, Res geographicae [G], lib. I, p. 13 de l'édit. Casaubon; *Plinius*, Historia naturalis [L], lib. II, cap. 9, et lib. VII, cap. 56; *Diogenes Laertius*, Vitae... clarorum philosophorum [G], lib. II, cap. 1; *Agathémeros*, Hypotyposes geographicae [G], lib. I, cap. 1).

Voici les valeurs attribuées à la circonférence du globe, d'après les principales mesures, prises dans la supposition de la Terre sphérique :

		Stades.
— 340 ∓	ARISTOTE, par la distance nautique itinéraire entre Chypre et l'Égypte. (*Aristoteles*, De caelo; lib. II, cap. 14.) . . .	400 000
— 250 ∓	ARCHIMÈDE, sans indication. (*Archimedes*, De numero arenae, cap. 2)	300 000
— 175 ∓	ÉRATOSTHÈNE, par la distance itinéraire entre Syène et Alexandrie. (*Cleomedes*, Cyclica theoria meteoron; lib. I, cap. 10. — *Strabon*, Res geographicae, lib. II. — *Plinius*, Historia naturalis, lib. II, cap. 108.)	250 000
— 20 ∓	POSIDONIUS, par le trajet nautique entre Rhodes et Alexandrie. (*Cleomedes*, Cyclica theoria meteoron, lib. I, cap. 10. — *Plinius*, Historia naturalis, lib. V, cap. 31.)	240 000
+ 100 ∓	PTOLÉMÉE, sans indication de lieu. (*Ptolemaeus*, Geographia; lib. VII, cap. 5.)	180 000

833.	Les trois frères Mohamed, Ahmed et Al-Hâçan BEN SCHAKER, d'après une mesure à la chaîne, par l'ordre de Mamoûn, dans le désert de Sandgiar, entre Racca et Palmyre, avec répétition de la mesure près de la ville de Kufa. (*Abul feda*, Annales muslemici latine a Reiskio, 5 vol. 4°, Copenhague, 1789-1794; t. II, p. 241. — Notices et extraits des manuscrits de la Bibliothèque du Roi, 4°, Paris; t. I, 1787, p. 49.).	Milles arabes. 20 400
1528.	FERNEL, par une mesure à la roue entre Amiens et Paris. (*Fernel*, Cosmotheoria; fol., Paris.)	Toises. 20 543 200
1550.	FERNEL, en renouvelant cette mesure. (Montucla, HdM, II, 1799, 316.).	20 428 500
1617.	SNELLIUS, par une triangulation entre Alkmaer et Bergen-op-Zoom. (*Snellius*, Eratosthenes batavus, 4°, Lugduni Batavorum; lib. II.)	19 807 200
1620.	SNELLIUS, en poussant la triangulation précédente jusqu'à Malines. (*Musschenbroek*, Dissertationes physicae, 4°, Lugduni Batavorum, 1729; diss. IV.)	20 551 850
1635.	NORWOOD, entre York et Londres. (*Norwood*, The seaman's practice; 4°, London.)	20 672 640
1670.	PICARD, par une triangulation entre Amiens et Paris. (*Picard*, Mesure de la terre; fol., Paris, 1671.).	20 541 600
1672.	RICCIOLI, par l'inclinaison mutuelle de deux verticales, visibles l'une de l'autre, et dont la distance était mesurée. (*Riccioli*, Geographia et hydrographia reformatae, fol., Venetiis, 1672; p. 160. — *J. Cassini*, dans Paris, H & M, 1718, 247.).	22 554 000

Pour l'interprétation des mesures des Grecs, on consultera :

Riccioli, Geographia et hydrographia reformatae, fol., Venetiis, 1672; p. 152.

Fréret, dans Paris, Ins, VIII, 1733, 97; XXIV, 1756, 507.

D'Anville, dans Paris, Ins, XXVI, 1759, 92.

Bailly, Histoire de l'Astronomie moderne, 3 vol. 4°, Paris; édit. 1785, t. I, p. 145.

Vincent, dans Paris, Crh, XXXVI, 1853, 319. — Cet érudit fait le stade d'Ératosthène de 158^m,25.

Quant à la mesure des Arabes, elle a été discutée par

Picard, Mesure de la Terre, fol., Paris, 1671; art. III.

Riccioli, Astronomia et hydrographia reformatae, fol., Venetiis, 1672; p. 43.

Bailly, Histoire de l'astronomie moderne, 3 vol. 4°, Paris; édit. 1785, t. II, p. 582.

Les mesures modernes d'arcs du méridien ou du parallèle, ainsi que les mesures du pendule, appartiennent au domaine de la géodésie. C'est par conséquent aux géodésistes à en former le tableau.

§ 196. APLATISSEMENT.

Ce fut *Picard* (Mesure de la Terre, fol., Paris, 1671; art. VI) qui soupçonna le premier que la figure sphérique n'est, pour la Terre, qu'une première approximation. On eut une idée de l'aplatissement du globe sous les pôles de rotation, avant d'avoir étudié rigoureusement la figure des méridiens ou des parallèles.

L'aplatissement ne fut cependant admis qu'après une assez longue hésitation. *J. Cassini*, ayant trouvé les degrés du méridien plus longs dans le sud de la France que dans le nord, en conclut d'abord que le sphéroïde est aplati (Paris, H & M, 1701, 96). Mais il s'aperçut plus tard du vice de cette conclusion, et inféra de ce fait d'observation que le sphéroïde est allongé aux pôles (Paris, H & M, 1715, 192).

En réalité, des mesures aussi délicates, prises sur des arcs aussi rapprochés entre eux, ne permettaient pas de résoudre la question. C'est seulement après les expéditions envoyées au loin sous les auspices de l'Académie des sciences de Paris, que la discussion put porter sur des bases solides. Après l'examen scrupuleux auquel se livra cette Académie, en 1742, *Mairan*, alors secrétaire, résume la discussion par l'admission magistrale que « la Terre est aplatie » (Paris, H & M, 1742, his, 86), et termine par ces mots, « l'Académie a clos la discussion » (ibid., p. 104).

La question, en effet, était définitivement tranchée. Nous parlerons, dans le paragraphe suivant, de la détermination des éléments de l'ellipsoïde terrestre, d'après la figure d'une ou de plusieurs de ses sections. Avant d'employer cette méthode essentiellement géodésique, on a longtemps et souvent cherché, par différentes voies, la valeur de l'aplatissement du sphéroïde. Il n'est peut-être pas sans intérêt de rassembler ci-dessous ces déterminations, dans lesquelles l'hypothèse sur la figure géométrique de la Terre ne joue qu'un rôle secondaire.

Valeurs attribuées à l'aplatissement du sphéroïde terrestre.

1687. NEWTON, par la théorie de l'attraction, en supposant le sphéroïde homogène. (Newtonus, PPm, lib. III, prop. 19.) . . . . . . 1/[illegible]

1690. HUYGENS, en considérant la pesanteur et la force centrifuge dans les deux branches d'un siphon, l'une dirigée au pôle, l'autre à l'équateur. (Discours sur la cause de la pesanteur; 4°, Leyde. — Reproduit : *Hugenius*, Opera reliqua, 2 vol. 4°, Amstelodami, 1728; voir t. I, p. 119.). . . . . 1/[illegible]

1738. MAUPERTUIS, en comparant le degré de Laponie à celui de France. (Figure de la Terre; 8°, Paris) . . . . 1/[illegible]

1748. JUAN & ULLOA, en discutant les observations du pendule. (Observaciones astronomicas y phisicas; 4°, Madrid, p. 334.). . . . . 1/[illegible]

1749. D'ALEMBERT, par la précession des équinoxes. (Recherches sur la précession des équinoxes; 4°, Paris, ch. IX.) . . . . 1/[illegible]

1751. LA CONDAMINE, par les degrés du Pérou et de France. (Mesure des trois premiers degrés du méridien dans l'hémisphère austral, 8°, Paris; p. 259.) . . . . 1/[illegible]

Par ceux de France et de Laponie. (Ibid., p. 260.). . . . . 1/[illegible]

1755. BOSCOVICH, en combinant différentes mesures géodésiques. (De litteraria expeditione per Pontificiam ditionem, 4°, Romae; p. 503.) . 1/[illegible]

1786. LALANDE, par les arcs méridiens. (Paris, H & M, 1785, 1.). . . . 1/[illegible]

1789. LEGENDRE, par les degrés du Pérou et de France. (Paris, H & M, 1789, 422.) . . . . 1/[illegible]

1789. DU SÉJOUR, en discutant divers arcs méridiens. (Duséjour, TaM, II, 56.) . . . . 1/[illegible]

1799. TRIESNECKER, par 16 éclipses du Soleil, de 1706 à 1788, employées à déterminer la parallaxe horizontale de la Lune pour différents lieux du globe. (EpV, 1791, 587.) . . . . 1/[illegible]

1799. COMMISSION DES POIDS ET MESURES, par le degré du Pérou comparé au nouvel arc de France. (Paris, Mem., II.) . . . . 1/[illegible]

1799. LAPLACE, par 15 mesures du pendule. (Laplace, TMc, II, liv. III, ch. 5, n° 45.) . . . . 1/[illegible]

1802. BÜRG, par les perturbations lunaires dues au défaut de sphéricité de la Terre. (Laplace, TMc, III, liv. VII, ch. 5, n° 21.). . . . . 1/[illegible]

1806. SVANBERG, en comparant le nouvel arc de Laponie à celui de France. (Exposition des observations faites en Laponie; 8°, Stockholm.) . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

En le comparant à l'arc du Pérou. (Ibid.) . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1806. VON LINDENAU, en combinant des mesures géodésiques. (MCz, XIV, 113.) . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1808. LAMBTON, en comparant l'arc méridien de l'Inde à l'arc perpendiculaire. (Calcutta, AsR, VIII, n° 3.) . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1810. PUISSANT, par la comparaison du grand arc français avec celui du Pérou recalculé par Delambre. (*Méchain* & *Delambre*, Base du système métrique décimal, 3 vol. 4°, Paris; tom. III, p. 112.). . $\frac{1}{[illegible]}$

1811. MATHIEU, par le pendule observé le long de l'arc de France. (CdT, 1813, 336.) . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1811. J. B. BIOT, par les observations du pendule le long de la méridienne de France. (Traité d'astronomie physique, 2e édit., 3 vol. 8°, Paris; t. III, p. 160.). . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1812. RODRIGUEZ, par les principales mesures géodésiques. (London, PTr, 1812, 321.) . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1813. LAMBTON, en comparant l'arc de l'Inde aux arcs d'Europe. (London, PTr, 1813, 27.). . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1818. VON LINDENAU, par les mesures du pendule. (Cas, I, 125.). . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1819. VON LINDENAU, par les inégalités lunaires. (BaJ, 1820, 212.). . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1819. KATER, par les mesures récentes du pendule. (London, PTr, 1819, 416.) . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1821. KATER, par les arcs de l'Inde comparés aux meilleurs arcs d'Europe. (London, PTr, 1821, 94.). . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1822. GOLDINGHAM, par le pendule à Madras comparé à celui de Londres. (London, PTr, 1822, 167.) . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1823. B. HALL et FOSTER, par les observations du pendule en Amérique et en Angleterre. (London, PTr, 1823, 211.) . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1823. BRISBANE, par la longueur du pendule simple à Paramatta et en Angleterre. (London, PTr, 1823, 308.) . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1825. LAPLACE, d'après les inégalités lunaires, tirées par Bouvard, Bürg et Burckhardt de plusieurs milliers d'observations de la Lune de Greenwich. (Laplace, TMc, V, liv. XI, ch. j, n° 1.) . . . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1825. SABINE, en comparant les observations du pendule dans les régions polaires à celles faites en Angleterre. (An account of experiments on the figure of the Earth; 4°, London.) . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1826. PLANA et CARLINI, par l'arc du parallèle moyen comparé à la méridienne de France. (CdT, 1827, 250.) . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1826. PUISSANT, par la comparaison du parallèle moyen de France avec l'arc de l'Inde. (CdT, 1829, 229.) . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1826. BÜRG, par l'équation de la longitude de la Lune qui dépend de l'ellipticité de la Terre. (ANn, IV, 13.). . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1826. FOSTER, par ses observations du pendule. (London, PTr, 1826, part. IV, p. 1). . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1826. FREYCINET, par ses observations du pendule pendant son voyage de circumnavigation. (Voyage autour du monde sur les corvettes l'Uranie et la Physicienne, 2 vol. fol., Paris; t. I, observations du pendule.) . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

Par les seules observations de l'hémisphère austral. (Ibid.). . $\frac{1}{[illegible]}$

1827. DUPERREY, par ses observations du pendule et celles de Freycinet réunies. (CdT, 1830, 83.) . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1827. MUNCKE, en combinant des arcs du méridien. (*Gehler's* Physikalisches Wörterbuch neu bearbeitet, 10 vol. 8°, Leipzig; vol. III, p. 872.). . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1829. E. SCHMIDT, par les mesures du pendule. (Lehrbuch der mathematischen und physischen Geographie, 2 vol. 8°, Göttingen; vol. I.) . $\frac{1}{[illegible]}$

1830. POSELGER, en comparant l'arc de l'Inde à celui de Laponie. (Berlin, Abh, 1827, Math, 57.) . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1831. LÜTKE, par les observations du pendule de l'expédition russe. (Saint-Pétersbourg, MSm₁, I, Bul, xj.) . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1834. BAILY, en discutant 70 mesures du pendule. (London, MAS, VII, 102.) . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1841. BORDEN, par le méridien et le parallèle du Massachusetts. (Transactions of the American philosophical Society held at Philadelphia, new series, 4°, Philadelphia; vol. IX, p. 87.). . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1843. BORENIUS, en cherchant à représenter les mesures du pendule par une formule empirique. (Saint-Pétersbourg, Bul_1, I, 1.) . . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1847. GUYOT, en réduisant de nouveau et discutant 18 mesures choisies du pendule. (Paris, Crh, XXV, 197.) . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1858. CLARKE, en comprenant dans ses calculs le prolongement méridional de l'arc de l'Inde. (PMg₂, VI, 86.)

$$a = 20\ 926\ 202\ \text{F.} \qquad b = 20\ 854\ 806\ \text{F.} \qquad p = \frac{1}{295,465}.$$

Fergola (loc. cit.) ne fait pas coïncider l'axe $2b$ avec l'axe de rotation de la Terre. Cet axe $2b$ viendrait percer la surface du globe à $5\frac{1}{2}'$ du pôle et sous la longitude 320° W. Greenwich. C'est une idée que *Klügel* avait déjà émise dès 1776 (*J. Bernoulli*, Recueil pour les astronomes, 3 vol. 8°, Berlin; vol. III, p. 104).

Frisi avait du reste constaté (Cosmographia physica et mathematica, 2 vol. 4°, Mediolani; tom. II, 1775, p. 92. — Reproduit dans ses Opera, 3 vol. 4°, Mediolani; tom. III, p. 130) l'impossibilité de faire entrer toutes les mesures géodésiques dans une ellipse régulière. Dans ces derniers temps, on a essayé des ellipses à trois axes inégaux. Mais on comprend que le nombre restreint des arcs mesurés, et surtout leur distribution très-inégale, rendent les calculs peu concluants. Appelant c le troisième demi-axe, on a trouvé les résultats suivants :

1859. T. F. SCHUBERT. (Saint-Pétersbourg, Mém, I, n° 6, p. 31, 32.)

a = 3 272 671,5 T., aboutissant dans l'équateur par 58°44' et 238°44' E. Greenwich.
b = 3 272 303,2 — — 148 44 et 328 44 —
c = 3 261 467,9 = demi-axe polaire.

D'où :

Aplatissement dans le méridien qui contient le grand axe de l'équateur. . $\frac{1}{292,109}$.

Aplatissement dans le méridien qui contient le petit axe de l'équateur . . $\frac{1}{302,004}$.

1866. CLARKE. (London, MAS, XXIX, 39.)

a = 20 926 485 F. aboutissant dans l'équateur par 15°34',5 E. Greenwich.
b = 20 921 177 — — 105 34,5 — —
c = 20 853 708 = demi-axe polaire.

D'où :

Aplatissement dans le méridien qui contient le grand axe de l'équateur. . $\frac{1}{286,779}$.

Aplatissement dans le méridien qui contient le petit axe de l'équateur . . $\frac{1}{300,301}$.

La figure de l'horizon dépend de celle même du sphéroïde. La dépression de l'horizon n'est pas la même dans tous les azimuths. Sur cette différence, voyez

2213. Clausen, T. Ueber die Bestimmung der Abplattung des Erdsphäroids. ANa, XXI, 1844, 333.

L'idée que la Terre n'est pas un ellipsoïde tout à fait régulier a été d'abord émise par *Buffon* (Histoire naturelle générale et particulière, 15 vol. 4°, Paris; t. I, 1749, p. 165). L'impossibilité d'accorder toutes les mesures d'arcs géodésiques, même dans un ellipsoïde à trois axes inégaux, est venue vérifier cette assertion. C'est à la géodésie qu'il appartient de faire l'étude des irrégularités de figure du sphéroïde terrestre, et des attractions locales.

§ 198. GRAVITÉ.

Depuis la publication des Principia de *Newton*, la pesanteur n'est plus qu'un cas particulier de la gravitation (Newtonus, PPm, 1687, lib 1, prop. 7). L'étude de cette force et de ses variations, tant à la surface qu'à l'intérieur de la Terre, appartient à la géodésie et à la physique du globe. Nous allons nous borner à rappeler les expressions numériques les mieux établies, de la longueur du pendule simple, longueur de laquelle on déduit d'ailleurs sur-le-champ la constante de la gravité.

Nous désignons par P la longueur du pendule *simple* qui bat la seconde sexagésimale, dans le vide, au niveau de la mer, et dans des arcs d'oscillation infiniment petits; par g la constante de la gravité, également au niveau de la mer, et par φ la latitude géographique du lieu.

Poisson, partant, pour la constante principale, des expériences de *Borda* à Paris, qu'il avait soigneusement réduites et discutées, et dans lesquelles il avait tenu compte pour la première fois de l'inertie des particules d'air qui se meuvent avec le pendule, pose (Traité de mécanique, 2e édit., 2 vol. 8°; Paris, t. I, 1833, p. 367) :

$$P = 0^m,993\ 512\ (1 - 0,002\ 588 \cos 2\varphi),$$

qu'on peut mettre sous la forme

$$P = 0^m,990\ 939 + 0^m,005\ 142 \sin^2 \varphi.$$

Plus tard, *Unferdinger* (AdH, XLIX, 1869, 309) s'est livré à une discussion très-étendue des observations du pendule, et en a conclu la formule logarithmique :

$$\text{Log}\ P = \bar{1},996\ 065\ 6 + [\bar{3},331\ 70] \sin^2 \varphi + [\bar{5},319\ 0] \sin^4 \varphi,$$

qui revient à

$$P = 0^m,990\ 975\ 7 + 0^m,005\ 129\ 4 \sin^2 \varphi + 0^m,000\ 020\ 80 \sin^4 \varphi.$$

On sait qu'à une hauteur h au-dessus de la mer, la longueur P devient, en supposant la densité du ménisque moitié de celle du globe, et en appelant R le rayon de la Terre au lieu d'observation,

$$P' = \frac{P}{R}(R - 2h) = P\left(1 - \frac{2h}{R}\right).$$

Quant à la gravité, elle est toujours (*Huyenius*, Horologium oscillatorium, fol., Parisiis, 1673; part. IV. — Reproduit : *Hugenius*, Opera varia, 2 vol. 4°, Lugduni Batavorum, 1724; vol. I, p. 182) :

$$g = \pi^2 P.$$

§ 199. DENSITÉ.

Nous réunissons ci-dessous les déterminations que l'on a faites de la densité moyenne du globe terrestre, celle de l'eau étant prise pour unité.

Valeurs attribuées à la densité moyenne de la Terre.

1687. NEWTON, par des considérations théoriques. (Newtonus, PPm, lib. II. — Comparez : London, PTr, 1821, 276.) . . . . . . Entre 5 et 6

1778. HUTTON, en calculant les observations de *Maskelyne* sur la déviation du fil-à-plomb près du mont Shehallien. (London, PTr, 1778, 689.) 4,95

1789. LEGENDRE, par des considérations théoriques. (Paris, H & M, 1789, 372.) 5,0

1798. CAVENDISH, au moyen de la balance de torsion. (London, PTr, 1798, 469.) 5,48

1811. PLAYFAIR, en recalculant l'expérience faite auprès du Shehallien. (London, PTr, 1811, 347.) 4,713

1821. HUTTON, en recalculant encore une fois cette expérience. (London, PTr, 1821, 276.) 5,31

1821. CARLINI, par l'observation du pendule sur le Mont-Cenis, comparée à celle au bord de la mer. (EfM, 1824, 28.) 4,39

1825. LAPLACE, par la théorie de l'attraction, en supposant la densité de la croûte égale à 3. (Laplace, TMc, V; lib. XI, ch. ij, n° 5.). . . . 4,761

1830. E. SCHMIDT, en recalculant les observations de *Carlini*. (Lehrbuch der mathematischen und physischen Geographie, 2 vol. 8°, Göttingen; vol. II, p. 460.) 4,837

En recalculant celles de *Cavendish* (Ibid.) 5,52

1838. REICH, au moyen de la balance de torsion et d'appareils micrométriques. (Versuche über die mittel Dichtigkeit der Erde; 8°, Freiberg.) 5,44

1841. GIULIO, en recalculant les observations de *Carlini* au Mont-Cenis. (Torino, Mem_2, III, 379.). 4,95

1842. BAILY, par la balance de torsion, avec des précautions extrêmes. (London, MAS, XIV, cexlvij.). 5,660 4

1852. REICH, par de nouvelles expériences à la balance de torsion. (Leipzig, Abh, I, 383; aussi APC_1, LXXXV, 195.) 5,583 2

1854. AIRY, par ses observations du pendule dans la mine de Harton. (London, MAS, XXV, 170; aussi London, PTr, 1856, 342.) . . 6,566

1856. HAUGHTON, en appliquant une méthode spéciale aux observations d'*Airy*. (PMg_4, XII, 51.) 5,480

1856. JAMES, par la déviation du fil-à-plomb à Arthur-Seat, près Édimbourg. (Account of the principal triangulation of Great Britain and Ireland, 4°, London; p. 600; aussi London, PTr, 1856, 591.) 5,316

1872. FOLIE, en recalculant les observations d'*Airy*. (Bruxelles, Bul_2, XXXIII, 390.). 6,459

1873. CORNU & BAILLE, à la balance de torsion. (Paris, Crh, LXXVI, 954.) 5,56

Le chiffre de l'aplatissement du globe indique que les densités vont en croissant de la surface au centre. Mais on ignore la loi de cet accroissement.

Il résulte toutefois des expériences du pendule faites sous la direction d'*Airy*, en 1854, dans la mine de Harton, près South Shields (Northumberland), à une profondeur de 1256 F = 383 M, que la gravité, à la station inférieure, était 1,000 051 85 de celle à la station supérieure (London, PTr, 1856, 330). Ainsi, immédiatement au-dessous de la surface terrestre, la gravité va d'abord en augmentant, et cette augmentation est, d'après ces expériences, de 0, 000 135 de la valeur à la surface, par chaque kilomètre d'enfoncement.

Ce chiffre est lié à la distribution des densités suivant le rayon terrestre. Mais il faudrait connaître la loi de ces densités. Jusqu'ici on n'a pu faire à cet égard que des suppositions.

Legendre a proposé (Paris, H & M, 1789, 372) l'hypothèse d'une matière compressible, dont la résistance à la compression croît proportionnellement à la charge. *Laplace* a repris cette hypothèse (Laplace, TMc, V, 1825; liv. XI, ch. 2), de laquelle il déduit l'expression des densités et des ellipticités des diverses couches. *Roche* (Académie des sciences et lettres de Montpellier, mémoires de la section des sciences, 4°,

Montpellier; vol. III, 1857, p. 109) ajoute un terme dépendant du carré de la densité. S'appuyant alors sur le coefficient numérique de la précession et sur l'accroissement de la gravité immédiatement au-dessous de la surface, observé par *Airy*, il trace, dans son hypothèse, la courbe des densités suivant les profondeurs. Il arrive ainsi à une densité au centre d'environ 10,5, celle de l'eau étant l'unité (volume cité de l'Académie de Montpellier, p. 125).

§ 200. MASSE.

Les premières déterminations de la masse de la Terre ont été faites en comparant le mouvement de la Lune autour de la Terre à celui de la Terre autour du Soleil. C'est seulement plus tard qu'on a pu recourir à d'autres méthodes, qui se trouvent indiquées explicitement dans le tableau ci-dessous, vis-à-vis des résultats numériques qu'elles ont fournis.

Valeurs attribuées à la masse de la Terre.

1687. NEWTON, en supposant la parallaxe du Soleil 10",5. (Newtonus, PPm, lib. III, prop. 8.)	1/[illegible]
1782. LAGRANGE, par les distances de la Lune et du Soleil. (Berlin, Mem., 1782, 181. — Reproduit : Lagrange, ŒEu, V, 1870, 224.)	1/[illegible]
1789. LAPLACE, en déduisant la gravité des meilleures observations du pendule. (Paris, H & M, 1789, 18.)	1/[illegible]
1802. LAPLACE. (Laplace, TMc, III; liv. VI, ch. vj, n° 21.)	1/[illegible]
1832. PLANA, par l'équation parallactique de la Lune et la parallaxe de cet astre. (Théorie du mouvement de la Lune, 3 vol. 4°, Turin; t. III, p. 20.)	1/[illegible]
1842. ENCKE, par la parallaxe du Soleil et le pendule. (Berlin, Abh, 1842, Math, 1; aussi ANn, XXI, 1844, 115.)	1/[illegible]
1864. HANSEN, par l'équation parallactique de la Lune. (London, MNt, XXIV, 11.)	1/[illegible]
1867. NEWCOMB. (Washington, Obs., 1865; append. II, p. 29.)	1/[illegible]
1876. LE VERRIER, valeur qu'il adopte définitivement. (Paris, MOb, XII, 9.)	1/[illegible]
1879. VON ASTEN, par les perturbations de la comète de Encke, de 1819 à 1868. (Saint Pétersbourg, Mem, XXVI, n° 2, p. 98.)	1/[illegible]

La masse appelée ici masse de la Terre est celle du système dont la Terre est le centre, c'est-à-dire de la Terre et de la Lune réunies.

§ 201. ROTATION : UNIFORMITÉ.

Képler émit le premier le soupçon que la rotation de la Terre ne se fait pas avec une vitesse parfaitement uniforme (Keplerus, Epi, I, 1618, 237. — Reproduit : Keplerus, Opa, VI, 1866, 248, 455.) Mais il ne pouvait appartenir qu'à la mécanique céleste d'évaluer les inégalités de ce mouvement. *Laplace* montra, en 1799, qu'elles sont tout à fait insensibles (Laplace, TMc, II; liv. V, ch. j, n°s 8, 9).

Poisson fit voir ensuite que, dans l'hypothèse du maintien des conditions actuelles, la rotation de la Terre et sa révolution sidérale sont constantes (Paris, Mém., VII, 1824, 199). Ces divers résultats ont été confirmés par *Jacobi* (JfM, XXXIX, 1850, 293) et par *Serret* (Paris, MOb, V, 1859, 291).

Mais si les conditions changent, si, par exemple, le globe se contracte en se refroidissant, la vitesse de rotation ira en s'accélérant. *Laplace*, en comparant aux positions de la Lune données par les tables, celles qui résultent des anciennes éclipses observées par les Chaldéens, a cru pouvoir établir qu'en 25 siècles, la diminution du jour n'a pas atteint, par rotation, 0,000 000 1 de sa valeur (CdT, 1821, 242).

Quant au retard causé par le frein de marée, nous en avons parlé précédemment, au § 124, p. 296.

On pourra consulter, sur la rotation de la Terre et ses inégalités, le mémoire que l'on vient de rappeler de

2214. Serret, J. A. Théorie du mouvement de la Terre autour de son centre de gravité. Paris, MOb, V, 1859, 239.

§ 202. ROTATION : DÉPLACEMENT DE L'AXE.

La théorie montre que si l'axe de rotation n'est pas rigoureusement un axe principal, il doit se déplacer autour de celui-ci. Mais la permanence des latitudes, dans la limite de 1", permet à *Serret* de conclure (Paris, MOb, V, 1859, 290) que l'angle de l'axe instantané de rotation avec l'axe du plus grand moment d'inertie sera toujours très-petit.

C. A. F. Peters a cherché, dans les observations de la polaire de Poulkova, l'effet du déplacement relatif de ces deux axes (ANn, XXII, 1845, 123) Représentant par r la correction qu'il faut appliquer à la latitude moyenne pour connaître la latitude apparente, et par t le temps, en années tropiques, écoulé depuis 1842,00, il obtient par cette discussion,

$$r = 0'',079 \cos (341°,6 + 432°,7\, t).$$

La période est supposée de 305,867 jours solaires; la latitude de Poulkova était maxima, le 16 novembre 1842.

Nyrén a également discuté à ce point de vue les latitudes de Poulkova (Saint Pétersbourg, Mem, XIX, 1873, n° 10; p. 57, 58). Il trouve d'abord pour la période 305j,57, en faisant usage de la constante de la précession de *Struve*. Il résulte ensuite de ses calculs, par une moyenne entre les observations de *C. A. F. Peters*, de *W. Struve*, de *Gyldén* et les siennes propres,

$$r = 0'',095 \cos (21°,6 + 430°,5\, t')$$

où t' est le temps exprimé en années, à partir de 1868,00. La latitude aurait été maxima le 13 décembre 1867.

Downing a repris des recherches analogues, par dix années d'observations de la polaire à Greenwich, 1868 à 1877. Il a trouvé (London, MN, XL, 1880, 451, 452).

$$r = 0'',075 \cos (205°,0 + 429°,4\, t''),$$

où t'' est le temps compté en années depuis 1872,00. L'auteur admet une période de 306j; la latitude de Greenwich aurait été maxima le 12 octobre 1872.

Outre cette variation dont la période est d'environ trois cents jours, il existe de petites inégalités horaires, dont le calcul a été développé récemment par

2215. Oppolzer, T. von. Variationen der Polhöhe. ANn, C, 1881, 169.

C'est au déplacement de l'axe de rotation à l'intérieur du globe, que se rattache la question de la variation lente et progressive des latitudes, soupçonnée par quelques astronomes.

Domenico *Maria* serait, d'après *J. D. Cassini* (Paris, His, X, 1730, 364), le premier qui en ait eu l'idée. Toutefois, les observations au gnomon n'avaient pas la précision nécessaire pour mettre en évidence des changements fort délicats. On continua de discuter cette question, après que les instruments de mesure angulaire eurent été perfectionnés. Nous citerons, entre autres, l'examen qu'ont fait de ce point délicat:

Petit, P., Dissertatio de latitudine Lutetiae et magnetis declinatione; 4°, Parisiis, 1660. — Reproduit dans les Opera philosophica de *Du Hamel* [*Hamelius*]; 4°, Norimbergae, 1681.

Hevelius, J., Prodromus astronomiae, fol., Gedani, 1690; p. 5.

Manfredi, E., De gnomone meridiano bononiensi, 4°, Bononiae, 1736; cap. 16.

La variation, si elle existe, étant très-petite, il fallait des observations d'une grande précision pour la mettre en évidence. Une discussion des déterminations de latitudes, exécutées dans les principaux observatoires, à différents intervalles, depuis un siècle environ, a été présentée par

2216. Fergola, E. Determinazione novella della latitudine dell' Osservatorio di Capodimonte. Napoli, Att$_2$, V, 1873, n° 25.

Il résulte des comparaisons établies dans ce mémoire, que les chiffres les plus récents sont inférieurs aux chiffres obtenus par des observations plus anciennes. Toutefois il serait téméraire d'affirmer, dès à présent, que les différences sont d'un ordre supérieur aux erreurs des observations.

§ 203. VARIABILITÉ DE LA VERTICALE.

Il ressort des formules établissant le mouvement de la Terre autour de son centre de gravité, que les variations dans la direction de la pesanteur, pour un lieu donné, sont au-dessous de toute quantité appréciable. *A. Mayer* l'a montré le premier (Dissertatio de deviatione et reciprocatione penduli; 4°, Griphiswaldiae, 1767).

L'action de la Lune sur la direction de la pesanteur n'est pas absolument insensible. Elle fait en ce moment l'objet des études d'une commission de l'Association britannique, dont on a un rapport par

2217. Darwin, G. H. Report of the committee appointed for the measurement of the lunar disturbance of gravity. British Assoc, Rep, 1880, 25.

Si, en théorie, les mouvements de la verticale sont très-faibles, l'expérience a montré que des variations, dont les causes ne sont pas encore bien connues, et s'élevant parfois à plusieurs secondes, se produisent dans les verticales de divers lieux.

Les premières observations, faites à l'aide d'un fil-à-plomb, sous le dôme de l'Hôtel des invalides, à Paris, n'avaient montré qu'une permanence dans la direction de la gravité. Telle avait été la conclusion de

2218. Bouguer, P. Observations sur la direction qu'affectent les fils-à-plomb. Paris, H & M, 1754, 250.

Mais l'instrument ni l'installation n'avaient la délicatesse nécessaire à l'appréciation de mouvements fort petits.

Une expérience analogue, tentée plus tard dans la même direction, a été entreprise par

2219. Paniselli, —. Expériences sur les oscillations du pendule immobile. Cos, VIII, 1856, 505.

D'après cet observateur, des fils-à-plomb depuis 1ᵐ jusqu'à 10ᵐ de longueur, décrivent des ellipses microscopiques, dont le grand axe est dirigé de l'est à l'ouest.

Le premier indice qu'on eût d'une oscillation des surfaces de niveau, fut tiré par *de Cesaris* des mouvements du niveau à bulle d'air de la lunette méridienne de Milan (EfM, 1813, 105). Cet astronome l'attribuait à une dilatation inégale des différentes parties de l'édifice.

Il a été constaté depuis, à l'aide du niveau à bulle d'air, dans l'ancien Observatoire de Santiago du Chili, que la colline de Santa Lucia, sur laquelle ce bâtiment était construit, s'incline périodiquement sous l'action du Soleil. Voyez sur ce point

2220. Moesta, C. Observations on an important phenomenon observed with regard to the hill of Santa Lucia, situated in the city of Santiago de Chile. London, MN, XV, 1855, 61.

Une étude spéciale des mouvements de la verticale fut alors entreprise par

2221. Abbadie, A. d'. Recherches sur la verticale. Annales de la Société scientifique de Bruxelles, 8°, Bruxelles; tom. V, 1881, p. 37.

L'auteur s'est servi d'un appareil qu'il appelle « nadirane, » et qui consiste en une lunette dont la croisée de fils se réfléchit sur un bain de mercure. Il a trouvé des déviations de plusieurs secondes. Le lieu d'observation étant peu éloigné de l'océan, il s'est demandé si ces mouvements ne pourraient pas s'expliquer par l'attraction de flot de marée; mais il a montré que cette cause est insuffisante.

Parmi les études les plus récentes sur ce sujet, les plus suivies ont été celles de

2222. Plantamour, P. Des mouvements périodiques du sol accusés par des niveaux à bulle d'air. Arc_3, II, 1879, 641; V, 1881, 97; VI, 1881, 601.

Cette série d'observations embrasse maintenant trois années.

Des mouvements très-sensibles ont été constatés, dans l'installation des instruments méridiens de certains Observatoires, non-seulement en inclinaison, mais en azimuth. On peut voir sur ce sujet :

2223. Hirsch, A. Mouvement périodique de l'azimuth de la lunette méridienne de l'Observatoire de Neuchâtel. Bulletin de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel, 8°, Neuchâtel; vol. XI, 1879, p. 376.

§ 204. INFLUENCE DE LA ROTATION SUR LA CHUTE DES GRAVES.

La rotation de la Terre doit avoir pour effet de faire dévier de la verticale les corps qui tombent. Mais la déviation est si faible, pour les hauteurs dans lesquelles l'expérience est praticable, et les causes de dérangement sont si difficiles à éviter, qu'il a été longtemps impossible de mettre cet effet en évidence. Les essais qu'avaient tentés les anciens n'avaient donné qu'un résultat en apparence négatif (*Aristoteles*, De coelo [G], lib. II, cap. 14). On n'avait pas d'abord été beaucoup plus heureux dans les temps modernes. *T. Brahé* avait même tiré de cette difficulté que l'on éprouvait à dégager l'effet de déviation, que la rotation de la Terre n'existait pas (Brahaeus, Epistolae astronomicae, 4°, Uraniburgi, 1596 [aussi titre de 1610]; p. 167).

*Le premier géomètre qui ait donné le calcul de la déviation des graves, par suite de la rotation du globe, fut *D'Alembert* (Opuscules mathématiques, 8 vol. 4°, Paris; vol. VII, 1772; p. 327).

Voici l'indication des différentes expériences qui ont été publiées sur ce sujet. Nous réduisons toutes les données en mesures métriques.

Déviations observées dans la chute des graves.

	Hauteur de chute.	Déviation vers l'Est.	Déviation vers le Sud.
1679. Hooke, dans des expériences faites en présence de la Société Royale. (*Birch*, History of the Royal Society, as a supplement to the philosophical transactions, 4 vol. 4°, London; vol. I, 1756.).	8ᵐ,2	Insensible.	Insensible.
1719. Desaguliers, à St. Paul de Londres. (London, PTr, 1719, 344.).	83ᵐ	Incertaine.	Incertaine.
1791. Guglielmini, à la tour des Asinelli à Bologne, avec une balle de plomb d'un pouce de diamètre (*Guglielminus*, De diurno Terrae motu experimentis physico-mathematicis confirmato; 8°, Bononiae, 1792.)	29ᵐ,2	0ᵐ,018 89	0ᵐ,011 89
1802. Benzenberg, au Michaelisthurm de Hambourg, avec une balle de plomb d'un pouce et un tiers de diamètre. (Versuche über das Gesetz des Falls und die umdrehung der Erde, 8°, Dortmund, 1804; p. 344.).	76ᵐ,0	0ᵐ,009 02	0ᵐ,003 36

	Hauteur de chute.	Déviation vers l'Est.	Déviation vers le Sud.
1804. Benzenberg, en renouvelant ses expériences dans le puits du Schlebusch, comté de Mark, et par 40 épreuves. (Bul, 1807, 111.)	84m,4	0m,010 15	?
1814. Tadini, à Bergomi, par 145 expériences. (*Tadinus*, Quotidiana Terrae conversio devio corporum casu demonstrata; 8°, Milano, 1814.)	52m	A l'Est, suivant la théorie.	?
1832. Reich, dans une des mines de Freiberg, par 106 expériences. (Fallversuche über die Umdrehung der Erde, 8°, Freiberg; p. 46.)	158m,52	0m,028 396	0m,004 374

C'est peut-être ici le lieu de rappeler que par suite de la figure ellipsoïdale des surfaces de niveau, un fil-à-plomb, suspendu à une grande hauteur au-dessus et dans le prolongement d'un autre fil-à-plomb, ne se dirige pas suivant la même droite que ce dernier. Par la même raison, deux fils-à-plomb suspendus d'un même point, mais de longueur inégale, doivent faire un angle entre eux. Voyez sur ce sujet :

2224. Tessan, D. de. Sur une circonstance inexpliquée de la chute des corps. Paris, Crh, L, 1860, 578.

Par la même raison encore, la verticale d'un télescope fait un angle avec celle de la croisée des fils, réfléchie sur un bain de mercure placé beaucoup plus bas. C'est ce qui a été indiqué par

2225. Abbadie, A. d'. Direction de la pesanteur. Paris, Crh, LXI, 1865, 888.

§ 205. INFLUENCE DE LA ROTATION SUR LE PENDULE.

En 1661, les académiciens del Cimento avaient entrevu le déplacement progressif du plan d'oscillation du pendule (*Targioni-Tozzetti, G.*, Atti e memorie inedite dell' Accademia del Cimento, 4 vol. 4°, Firenze, 1780, vol. II, part. II, p. 669; *Antinori, V.*, Saggio di naturali esperienze fatte nell' Accademia del Cimento, 3e ed., 4°, Firenze, 1841, p. 20; *Antinori, V.*, dans Paris, Crh, XXXII, 1851, 635).

Dans les notes de sa traduction de l'Histoire naturelle de *Pline*, *Poinsinet de Sivry* fut plus explicite. Le plan d'oscillation d'un pendule peut servir, dit-il, dans un véhi-

cule, à constater, par sa permanence, les changements de direction du véhicule (Histoire naturelle de *Pline* traduite en français, 12 vol. 4°, Paris; vol. XII, 1782, p. 486).

Cependant rien d'expérimental n'avait été réalisé, lorsqu'en 1816 *Fessel*, de Cologne, trouva accidentellement l'instrument de démonstration connu sous le nom de gyroscope, auquel *Bohnenberger* donna bientôt sa forme actuelle (APC$_1$, LX, 1819, 60). Enfin, en 1851, la permanence du plan d'oscillation du pendule fut employée à démontrer la rotation de la Terre, par

2226. Foucault, L. Démonstration physique du mouvement de rotation de la Terre au moyen du pendule. Paris, Crh, XXXII, 1851, 135. — Reproduit : Arc$_1$, XVI, 1851, 204; en anglais : The Edinburgh new philosophical journal, 8°, Edinburgh; vol. LI, 1851, 101; et en allemand : APC$_1$, LXXXII, 1851, 458.

Cette expérience brillante fut bientôt répétée sous différentes latitudes, afin d'examiner la loi de la vitesse de rotation du plan. Plusieurs géomètres en donnèrent la théorie, notamment :

2227. Binet, J. P. M. Note sur le mouvement du pendule simple, en ayant égard à l'influence du mouvement diurne de la Terre. Paris, Crh, XXXII, 1851, 157, 160, 197.

2228. Zantedeschi, F. Ricerche fisico-matematiche sulla deviazione del pendolo dalla sua trajettoria; 4°, Padova, 1852.

2229. Hansen, P. A. Theorie der Pendelbewegung mit Rücksicht auf die Gestalt und Bewegung der Erde. Neueste Schriften der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig, 4°, Danzig; vol. V, 1856, n° 1.

Le principe de cette expérience a depuis subi une extension, dans la considération des mouvements qui s'exécutent du nord au sud ou du sud au nord. La tendance des corps mobiles à se porter vers l'un des côtés de leur voie fait le sujet de la loi de

2230. Baer, K. E. von. Ueber ein allgemeinen Gesetz in der Gestaltung der Flussbetten. Saint Pétersbourg, Bul$_3$, II, 1860, 1, 218, 353.

On peut voir une bibliographie sommaire des articles et mémoires publiés sur l'expérience de *Foucault*, dans Unt, X, 1856, 109, 117.

R. Walker a cru remarquer que la vitesse de rotation du plan d'oscillation s'accélère dans le voisinage du méridien magnétique (British Assoc, Rep, 1851, II, 10).

Poisson a fait voir que les inégalités périodiques de la durée du jour, et l'influence de la rotation de la Terre sur la durée des oscillations d'un pendule, quel que soit le plan suivant lequel ce pendule oscille, sont au-dessous de toute appréciation. Consultez sur ce point

2251. Poisson, S. D. Mémoire sur les mouvements des projectiles dans l'air, en ayant égard à la rotation de la Terre. Paris, JEP, XVI, 1838, 1, (cah. XXVI).

§ 206. LUMIÈRE ZODIACALE.

Sans prétendre en rien préjuger le siége de la Lumière zodiacale, nous croyons que l'on peut aujourd'hui, sans encourir de graves reproches, en parler dans le chapitre qui concerne la Terre.

Ce phénomène n'avait rien d'aussi nouveau qu'on l'a supposé, lorsque vers la fin du XVIIe siècle, *J. D. Cassini* le soumit pour la première fois à une étude scientifique. Dans certaines circonstances particulières, on avait été frappé de l'aspect de cette lueur, qui s'élève en cône suivant le zodiaque. C'est dans ces termes que *Nicéphore* la décrit (Historia ecclesiastica [G], fol., Basileae, 1553 [suivie d'autres édit.]; lib. XIII) d'après des relations de l'an 410, époque de la prise de Rome par Alaric, où elle fut remarquée depuis le milieu de l'été jusqu'à la fin de l'automne.

Dans les régions du midi, on était familier avec cette lumière. Les orientaux l'ont connue depuis très-longtemps sous le nom de « fausse aurore, » nom qui se trouve déjà dans le Koran (ch. II, v. 183); c'est une lueur avant-courrière de l'aube; elle se lève droite, par opposition à l'aurore proprement dite, qui au contraire s'étale sur l'horizon. Les Astèques l'avaient aussi remarquée; d'anciens documents mexicains en font mention en 1509 (*Humboldt, A. de*, Vues des Cordillères et monuments des peuples de l'Amérique, 2 vol. 8°, Paris; vol. II, 1816, p. 301).

Même sous le climat moins favorable de l'Europe, il paraît que *Rothmann, T. Brahé* et *Képler* n'étaient pas étrangers à cette apparence (*Wolf, R.*, Handbook der Mathematik, 2 vol. 8°, Zürich; vol. II, 1872, p. 337). On dit que, vers 1630, *Descartes* en avait une assez juste idée (*Kirkwood*, Meteoric astronomy, 12°, Philadelphia, 1867; p. X). *Wendelin* en avait fait une véritable description (Petavius, Doc, III, 1630; variae dissertationes, lib. II, cap. 9).

Dans la seconde moitié du XVIIe siècle, l'attention plus précise des observateurs ne laisse pas échapper cette manifestation lumineuse. On la signale en Angleterre en 1659 (*Childrey*, Britannia baconica, 8°, London. — 2e édit., 1661; voir p. 183). On l'a remarquée en Chine en 1668 (*Chardin*, Le couronnement de Soleïman III, roi de Perse; 8°, Paris, 1671). À Nuremberg, on l'observait depuis 1678 (Miscellanea curiosa medico-physica Academiae naturae curiosorum, 4°, Lipsiae; Decur. III, ann. I, 1694, p. 285). Enfin, à partir du 18 mars 1683, *J. D. Cassini* en commença une étude scientifique, qui a été reprise ensuite par différents astronomes, et poursuivie par intervalles jusqu'à ce jour.

Voici les principales séries d'observations, dans lesquelles on trouvera des éléments pour l'étude de la Lumière zodiacale :

2252. Cassini, J. D. Découverte de la lumière qui paroist dans le zodiaque; fol., Paris, 1685. — Inséré dans Paris, Rôb, 1693, n° 10; reproduit : Paris, His, VIII, 1730, 276.

2253. Schön, A. E. Bemerkungen über das Zodiakallicht. BaJ, 1789, 228.

Il est regrettable que l'on connaisse seulement d'une manière sommaire cette série, qui se composait de plus de 500 observations, embrassant une période de 20 années.

2254. Jones, G. United States Japan expedition, observations on zodiacal light; 4°, Washington, 1856.

Ouvrage magistral, dans lequel l'auteur distingue pour la première fois entre les différentes enveloppes ou cônes emboîtés, qui composent la Lumière zodiacale.

2255. Schmidt, J. F. J. Das Zodiacallicht, Uebersicht der seitherigen Forschungen nebst neuen Beobachtungen über diese Erscheinung in den Jahren 1843 bis 1855; 8°, Braunschweig, 1856.

2256. Heis, E. Zodiacallicht-Beobachtungen in den letzten neuen-und-zwanzig Jahren, 1847-1875.

Dans Veröffentlichung der Sternwarte zu Münster, 4°, Münster; n° I, 1875.

2257. Weber, H. Zodiakallichtbeobachtungen

Suite d'observations à Peckeloh en Westphalie, qui commence en 1873 et que l'auteur poursuit encore. Cette série est publiée par parties dans les volumes successifs du WfA, à partir du vol. VI, 1873.

2258. Decheverens, M. La Lumière zodiacale étudiée d'après les observations faites de 1875 à 1879 à l'Observatoire de Zi-Ka-Wei, Chine; 4°, Zi-Ka-Wei 1879.

Il existe, en outre, beaucoup d'observations isolées ou peu suivies de la Lumière zodiacale. On en trouve une liste, principalement intéressante en ce qui concerne les plus anciennes, dans l'Edinburgh Encyclopaedia, conducted by *D. Brewster*, 17 vol. 4°, Edinburgh; vol. II, 1810, p. 620, col. 2.

Une autre liste, qui s'étend jusqu'à une époque plus récente, est présentée dans les Annales de l'Observatoire de Bruxelles, nouvelle série, Astronomie, 4°, Bruxelles; vol. I, 1878, Répertoire des constantes de l'astronomie, p. 268.

Si l'on veut se borner à la description du phénomène, on peut consulter :

2239 Mairan, J. J. de. De la Lumière zodiacale et de l'atmosphère solaire.

Dans son Traité physique et historique de l'aurore boréale, 12°, Amsterdam, 1733; 2° édit., 4°, Paris, 1754, sect. I, p. 10.

2240. Argelander, F. W. A. Das Zodiacallicht. Jahrbuch herausgegeben von *H. C. Schumacher*, 8°, Stuttgart & Tübingen; année 1844, p. 140.

2241. Vogel, E. Ueber das Zodiakallicht. Unt, IV, 1850, 75, 85.

2242. Arago, F. Lumière zodiacale. Arago, Apo, II, 1855, 183.

2243. Serpieri, A. La Luce zodiacale studiata nelle osservazioni di *G. Jones*. Spettr. ital., Mem, IV, 1876, app, 49.

2244. Serpieri, A. Guida per gli osservatori della Luce zodiacale in conformità dei nuovi fatti svelati delle osservazioni di *G. Jones*. Spettr. ital., Mem, VI, 1877, app, 61.

2245. Lewis, H. C. Note on the zodiacal light. AJS_3, XX, 1880, 437. — Reproduit : Spettr. ital, Mem, IX, 1880, 143.

2246. Houzeau, J. C. La Lumière zodiacale. Ciel et Terre, revue populaire d'astronomie et de météorologie, 8°, Bruxelles; vol. I, 1881, p. 457, 481, 517.

En 1843, *Argelander* émit le doute que la Lumière zodiacale ait une inclinaison constante sur l'écliptique (Jahrbuch herausgegeben von *H. C. Schumacher*, 8°, Stuttgard & Tübingen; année 1844, p. 153). *Houzeau* montra, bientôt après, que les observations de *J. D. Cassini* n'indiquaient nullement pour le plan de symétrie de cette Lumière, le plan de l'équateur du Soleil (ANn, XXI, 1844, 183). Plus tard, par une série de déterminations faites entre les tropiques, le même auteur crut pouvoir démontrer que l'axe de symétrie de la Lumière zodiacale coïncide sensiblement avec l'écliptique (Bruxelles, Mor', XXV, 1875; n° 2, p. 57).

C'est à peu près la même conclusion qui ressort de la discussion à laquelle *Backhouse* s'est livré récemment (London, MNt, XLI, 1881, 333).

La question de savoir si la Lumière zodiacale a une parallaxe a été examinée par

2247. Heis, E. Das Zodiakallicht. Unt, XI, 1857, 153.

C'est ici qu'on peut mentionner un travail de

2248. Eylert, H. Bemerkungen über das Zodiakallicht. WfA, XVII, 1874, 154.

Cet observateur croit pouvoir établir cette règle, qu'en général le bord le plus net de la Lumière, est celui de nom contraire à l'hémisphère dans lequel l'observateur se trouve.

En 1803, *A. de Humboldt*, alors dans les régions tropicales, avait remarqué une tache de lumière opposée au Soleil, qui est maintenant connue sous le nom de « Gegenschein » (ANn, XLII, 1856, 65). Un demi-siècle plus tard, *Jones* mentionna également ce phénomène (AJl, IV, 1856, 94; V, 1859, 23). Mais ce fut *Brorsen* qui en fit reconnaître le caractère, dans l'article intitulé

2249. Brorsen, T. Ueber eine neue Erscheinung am Zodiakallicht. Unt, VIII, 1854, 156.

Cet observateur a constaté que le Gegenschein est centré sur le point du ciel opposé au Soleil, dans les limites des erreurs des observations (ANn, XLIX, 1859, 220).

Indépendamment du Gegenschein, on sait qu'un certain nombre d'observations, notamment d'*Eylert* et de *Serpieri*, signalent l'existence d'une bride ou lien, ayant jusqu'à 10° ou 12° de largeur, entre les deux fuseaux de la Lumière zodiacale, et reliant en passant le Gegenschein. C'est une faible trace d'anneau continu ou de « pont. »

Les principales sources pour le spectre de la Lumière zodiacale sont :

2250. Vogel, H. C. Ueber das Spectrum des Zodiacallichtes. ANn, LXXIX, 1872, 327.

2251. Wright, A. W. On the spectrum of the zodiacal light. AJS_3, VIII, 1874, 39

Ce dernier travail contient également des observations sur la polarisation de la lumière provenant du fuseau zodiacal.

Sur la chaleur émise par la Lumière zodiacale on peut voir :

2252. Matthiessen, A. ... Sur la lumière zodiacale. Paris, Crh, XVI, 1843, 686.

Un phénomène analogue à la Lumière zodiacale existe-t-il pour d'autres corps de notre système? *Jones* a, le premier, assimilé à cet appendice de la Terre, une sorte de nébuleuse qu'il a remarquée plusieurs fois attachée à la Lune (AJS, IV, 1836, 94). Il en rapporte 16 observations, dont 14 vers le temps de la pleine Lune, et 2 vers le premier quartier.

Depuis lors, cette observation a été renouvelée, notamment par *Trouvelot* (Proceedings of the American Academy of arts and sciences, 8°, Boston; vol. XIII, 1878, p. 183. — Reproduit : AJS$_3$, XV, 1878, 88) et par *Holden* (AJS$_3$, XV, 1878, 231).

On a également rapproché de la Lumière zodiacale de la Terre l'appendice que *Beer* et *Mädler* ont vu un jour, partant de Vénus, alors en croissant (Beer & Mädler, Frg, 1840, 203 (Bel, 1844, 139)).

La plus ancienne théorie de la Lumière zodiacale est celle que *J. D. Cassini* proposa, dès l'origine de ses études sur ce phénomène (Découverte de la lumière.... cité plus haut sous le n° 2232; voir p. 18, 26). Elle consiste à regarder cette Lumière comme provenant d'une nébuleuse centrée sur le Soleil, et fortement aplatie dans le plan de l'équateur de cet astre. *L. Euler* avait adopté cette idée (Berlin, H & M, 1746, 117), qui a été longtemps admise sur l'autorité de ces noms illustres, et qui n'a pas encore disparu des livres élémentaires. Cependant *Laplace* a fait voir (Exposition du système du monde, 2 vol. 8°, Paris, 1796; vol. II, liv. IV, ch. 10) qu'une atmosphère qui tournerait avec le Soleil ne s'étendrait pas même jusqu'à l'orbite de Mercure, et ne pourrait avoir, par conséquent, le développement que l'on observe à la Lumière zodiacale.

T. Young (Lectures on natural philosophy, 2 vol. 4°, London; vol. I, 1807, p. 502), et plus tard, bien qu'avec certaines modifications, *Challis* (PMg$_4$, XXV, 1863, 117, 183), ont toutefois soutenu encore l'hypothèse solaire. On a vu aussi dans la Lumière zodiacale l'extension de la Couronne, qui entoure le Soleil pendant les éclipses (*Regnér*, dans MCz, VI, 1802, 14). Mais toujours il fallait supposer que la masse nébuleuse n'est pas entraînée avec toute la vitesse de rotation du Soleil.

A l'hypothèse solaire de *J. D. Cassini* vint s'opposer presque immédiatement l'hypothèse terrestre de *Hooke* (Posthumous works, fol., London, 1705; p. 193), d'après laquelle la Lumière zodiacale serait une matière disposée autour de notre globe. Cette théorie, regardée longtemps sans aucune faveur, a été reprise, dans ces derniers temps, d'abord par *Barnard* (AJS$_2$, XXI, 1856, 217, 399), qui attribue cette Lumière à un anneau nébuleux disposé autour de la Terre, puis par *S. Alexander*, qui en fait une ceinture météorique, à peu près comparable à l'anneau de Saturne (Smithsonian contributions to knowledge, 4°, Washington; vol. XXI, 1876, p. 50. — Développé : Smithsonian miscellaneous collections, 8°, Washington; vol. XX, 1881, append. III). L'idée d'un effluve repoussé par le Soleil, suivant le prolongement du rayon vecteur, comme la queue des comètes, se trouve en germe dans une note de *Brorsen* (ANa, XLIX, 1859, 219) et a été développée par *Houzeau* (Ciel et Terre, loc. cit., plus haut sous le n° 2246).

A ces deux théories principales, on peut joindre diverses hypothèses, parfois bizarres, qui ont eu la Lumière zodiacale pour objet. Parmi les plus dignes d'attention, il faut citer celle de *Jones*, qui plaçait cette Lumière dans l'orbite de la Lune (AJS$_2$, XX, 1855, 158). Nous mentionnerons en outre les suivantes.

J. N. De L'Isle se demande s'il ne s'agit pas d'un effet de contraste, produit à la bordure du cône d'ombre de la Terre (Paris, H & M, 1715, 166). *Hutton* voit dans la Lumière zodiacale une matière subtile, analogue à celle qui compose la queue des comètes (Physical and mathematical dictionary, 2 vol. 4°, London; vol. II, 1796, p. 627); *Bode* dit une matière éthérée, brillant par elle-même (BaJ, 1825, 159, note *). *J. B. Biot* croit que cette Lumière provient d'un essaim de météorites (Paris, CrA, III, 1836, 666); et *Brewster* est tenté d'y trouver le sillage visible de notre globe, dans son passage à travers l'éther (North British Review, 8°, Edinburgh; vol. IV, 1845, p. 227).

Dans ces derniers temps, *Marco* a essayé d'expliquer la Lumière zodiacale par le courant d'Ampère, engendré sous l'influence du Soleil électrisé (Roma, Att'$_2$, III, 1876, 856. — Comparez : Torino, Att, XII, 1877, 426).

CHAPITRE XIII.

LA LUNE.

Les noms divers par lesquels un grand nombre de peuples de l'Amérique et de l'Asie désignent la Lune, ont été réunis par *A. de Humboldt*, dans son Voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Continent, 12 vol. 8° et atlas 4°, Paris; t. VII, 1824, note A à la fin du liv. VII, p. 361.

§ 207. MONOGRAPHIES POPULAIRES.

Indépendamment des descriptions scientifiques, pour la plupart détaillées, dont nous parlerons plus loin, on a publié un grand nombre de monographies populaires de la Lune. Nous citons plus bas les plus importantes. Il faut mentionner auparavant le curieux et intéressant traité que l'antiquité nous a laissé, sur les apparences de la Lune. Nous voulons parler de l'ouvrage grec de

2253. Plutarchus. De facie in orbe Lunae. [II° siècle].

Cet écrit est reproduit dans toutes les œuvres complètes de *Plutarque*. *Képler* en a fait une version latine, qui est insérée dans ses œuvres (Keplerus, Opa, VIII, 1870, 76).

Les principales monographies modernes sont les suivantes :

2254. Schubert, F. T. Der Mond.

Dans ses Vermischte Schriften, 7 vol. 8°, Leipzig; vol. II, 1823, p. 122.

2255. Littrow, J. J. Mond.

Dans le *Gehler's* Physikalisches Wörterbuch neu bearbeitet, 16 vol. 8°, Leipzig; vol. VI, 1837, p. 2342.

2256. Bessel, F. W. Ueber den Mond [1838].

Dans ses Populäre Vorlesungen über wissenschaftliche Gegenstände, 8°, Hamburg, 1848; p. 601.

2257. Mädler, J. H. Sonne und Mond; 8°, Leipzig, 1852.

Faisant partie de la collection : Unterhaltende Belehrungen.

2258. Fleischhauer, J. H. Der Mond, eine Monographie nach den neuesten Ergebnissen astronomischer Forschungen; 8°, Langensalza, 1852. — 2° édit., 1854.

Formant la Vorlesung VII de la collection : Die Naturkräfte im Dienste des Menschen.

2259. Arago, F. La Lune. Arago, Apc, III, 1856, 375.

2260. Schmidt, J. F. J. Der Mond, ein Ueberblick über den gegenwärtigen Umfang und Standpunkt unserer Kentnisse von der oberflächengestaltung und Physik dieses Weltkörpers; 8°, Leipzig, 1856.

2261. Lecouturier, C. H. & Chapuis, A. La Lune, description et topographie; 18°, Paris, [1860].

2262. Guillemin, A. La Lune; 12°, Paris, 1866. — 3° édit., 1870.

2263. Delaunay, C. La Lune, son importance en astronomie. Paris, ABL, 1868, 459, 492.

2264. Proctor, R. A. The Moon, her motions, aspect, scenery and physical condition; 8°, London, 1873. — 2° édit., 1878.

Avec trois photographies de la Lune par *Rutherfurd*.

2265. Opelt, O. M. Der Mond, populäre Darstellung der Verhältnisse und Erscheinungen, welche von diesem Korper bekannt sind; 8°, Leipzig, 1879.

Pour les ouvrages qui concernent la Lune, publiés jusque vers le milieu du siècle dernier, on possède la bibliographie de

2266. Frobesius, J. N. Bibliographia selenographorum nominalis; 4°, Helmstadii, 1747.



§ 206. PHASES ET VISIBILITÉ.

L'explication des phases par l'opacité de la Lune et l'éclairement provenant du Soleil, remonte à une haute antiquité. On voit dans *Plutarque* (*Plutarchus*, De placitis philosophorum [G], lib. II, cap. 26; De facie in orbe Lunae [G], cap. 25, 45) qu'au — VI[e] siècle, *Thalès* et *Anaximandre* l'enseignaient. Elle faisait aussi partie du corps de doctrines astronomiques de *Pythagore* (*Gruppe*, Die kosmischen Systeme der Griechen, 8°, Berlin, 1851; p. 50). *Cicéron* l'a présentée avec détails (*Cicero*, De natura deorum [L], lib. I, cap. 31).

La proportion de lumière des diverses phases lunaires est calculée dans :

Lambert, Photometria, 8°, Augustae Vindelicorum, 1760; part. VI, cap. 1, p. 471.

Et dans :

Zöllner, Photometrische Untersuchungen, 8°, Leipzig, 1865; p. 55.

Tous les peuples sont familiers avec la visibilité de la Lune en plein jour. On la distingue encore dans le crépuscule, lorsqu'elle est réduite à une faucille extrêmement étroite. Suivant *Képler* (*Keplerus*, Ad Vitellionem paralipomena, 4°, Francofurti, 1604; cap. VI, art. XI, p. 257. — Reproduit : Keplerus, Opa, II, 1859, 291), on peut la voir au temps même de la conjonction, lorsque sa latitude atteint 5°.

Hevelius (Selenographia sive Lunae descriptio, fol., Gedani. 1647; p. 276, 406) ne l'a jamais aperçue, aux environs de la néoménie, que 40[h] au moins, le soir, après la conjonction, ou 27[h] au plus, le matin, avant cet instant.

Dans des temps plus récents, *J. Schmidt*, observant sous le beau climat de la Grèce, a vu la Lune, le soir, 25[h] à 26[h] après la conjonction (ANn, LXXI, 1868, 201).

Arago juge que la teinte de la Lune est jaune. Quand nous regardons son disque pendant le jour, le bleu du ciel s'y superpose, et alors elle nous paraît blanche (*Arago*, note manuscrite communiquée dans Humboldt, Kos, III, 1851, 559 (Cos, III, 1852, 707)) Mais *Babinet* dit que la Lune est blanche. Si elle nous paraît jaune ou même orangée, c'est, ajoute-t-il, un effet de contraste, causé par le bleu du ciel. En présence de la lumière du gaz, elle prend une teinte bleuâtre, complémentaire de la nuance rougeâtre des flammes de gaz (*Babinet*, Études et lectures sur les sciences d'observation, 8 vol. 12°, Paris; vol. V, 1858, p. 240).

Le plaisir de fêter l'apparition de la Lune nouvelle a quelque chose de si naturel, pour les peuples qui vivent en plein air, qu'on retrouve cette réjouissance chez un grand nombre de nations des deux grands continents et de l'Océanie. On peut consulter à cet égard l'article « Néoménie, » dans l'Encyclopédie méthodique, sciences mathématiques; 3 vol. 4°, Paris, 1784; ainsi que Lalande, Ast$_2$, II, 1771, 155 et Lalande, Ast$_3$, II, 1792, 157. On y voit que la fête de la Lune nouvelle était célébrée chez les Éthiopiens, les Égyptiens, les Sabéens, les Hébreux, les Grecs, les Romains, les Gaulois. On la retrouve, dans les temps modernes, chez les Péruviens, les Caraïbes, les Turcs, les Persans, les Chinois, les Tahitiens. A cette énumération, justifiée dans les articles cités par l'indication détaillée des sources, il faudrait ajouter des nations nègres de l'Afrique (*Pritchard*, Researches into the physical history of mankind, 3e édit., 5 vol. 8°, London; vol. II, 1837, p. 360).

Si nous prenons les divers peuples dans l'ordre géographique, nous formerons le tableau suivant des images que le vulgaire se figure apercevoir dans la Lune :

En Chine : un lapin qui pile du riz (*Libri*, Histoire des sciences mathématiques en Italie, 4 vol. 8°, Paris; vol. I, 1838, p. 229).

Dans l'Inde : un lièvre ou un chevreuil (Humboldt, Kos, III, 1851, 559 (Cos, III, 1852, 705)).

En Perse : le reflet du pays (Humboldt, Kos, II, 1847, 440 (Cos, II, 1848, 524)).

Dans la Grèce ancienne : un visage de jeune fille (*Plutarchus*, De facie in orbe Lunae [G], cap. 4).

En Allemagne, d'après *Képler* (Dissertatio cum nuncio sidereo, 4°, Pragae, 1610; in init. — Reproduit : Keplerus, Opa, II, 1859; voir p. 491), l'empereur Rodolphe II y voyait une image de l'Italie.

En Angleterre, *Shakespeare* parle plusieurs fois d'un homme, auprès duquel sont un chien et un buisson (Midsummer-night's dream, 1590, act. V, sc. 1. — Tempest, 1611, act. II, sc. 2).

Comme rapprochement de l'image chinoise, il est piquant de remarquer que, chez les Aztèques, il y avait un mythe concernant l'existence de Tochtli, un lapin, dans la Lune (*W. Bollaert*, dans son mémoire : Some account of the astronomy of the red men of the New World, inséré aux Memoirs read before the Anthropological Society of London, 8°, London; vol. I, 1863; voir p. 217.)

§ 209. LUMIÈRE CENDRÉE.

La lumière cendrée de la Lune a dû être remarquée par les premiers peuples observateurs. Dans l'antiquité, *Posidonius* a tenté de l'expliquer, en disant que la lumière passe en partie à travers le corps de l'astre, comme elle passerait à travers un nuage (*Cleomedes*, Cyclica theoria meteoron [G], lib. II, cap. 4).

Au XIIIe siècle, *Vitello* parle de la lumière cendrée, pour l'attribuer également à une translucidité du globe de la Lune, qui laisserait passer une petite partie de la lumière dont le Soleil l'éclaire par derrière (*Risnerus*, Opticae thesaurus, fol., Basileae, 1572; Vitellonis libri X, lib. IV, theor. 77). Au XVIe, *Reinhold* la regarde comme une propriété intrinsèque, une sorte de phosphorescence de l'astre (*Purbacchius*, Theoricae novae planetarum... illustratae scholiis ab. *E. Reinholdo*; édit. 8e, Vitembergae, 1542, p. 240). Mais, vers le même temps, *Léonard de Vinci* l'avait expliquée en recourant à l'éclat jeté sur la Lune, par la Terre, fortement éclairée du Soleil (*Venturi*, Essai sur les ouvrages de Léonard de Vinci. 4e, Paris, 1797; p. 11).

Maestlin arriva, de son côté, à la même déduction, qu'il publia d'abord dans un ouvrage aujourd'hui excessivement rare, resté inconnu à *Lalande* (*Maestlinus*, Disputatio de eclipsibus Solis et Lunae, 4e, Tubingae, 1596; thes. XXI). Alors cette opinion fut successivement adoptée par *Képler* (*Keplerus*, Ad Vitellionem paralipomena, 4e, Francofurti, 1604; p. 254. — Reproduit : Keplerus, Opa, II, 1859, 288. — Aussi : Keplerus, Epi, fasc. III, 1622, 552. — Reproduit : Keplerus, Opa, VI, 1866, 485) et par *Galilée* (*Galileus*, Sidereus nuncius, 4e, Venetiis, 1610, p. 15. — Reproduit : Galilei, Ope, édit. 8e de Milan; t. IV, 1810, p. 525; édit. 8e de Florence, III, 1845, 75. — Aussi : *Galilei*, Dialogo intorno ai due sistemi massimi del mondo, 4e, Fiorenza, 1632; part. I. — Reproduit : Galilei, Ope, 8e, Firenze, I, 1842, 76).

T. Brahé avait préféré cependant attribuer la lumière cendrée à l'éclat jeté sur la Lune par la planète Vénus (Braheus, AIP, 1602, lib. II. — Cité par *Keplerus*, Ad Vitellionem paralipomena, cap. VI, n° 10; reproduit : Keplerus, Opa, II, 1859, 289).

La lumière cendrée se montre dès que la Lune nouvelle paraît en croissant; elle est au maximum, d'après *Schroeter* (Selenotopographische Fragmente, 2 vol. 4e, Göttingen; vol. I, 1791, § 14, p. 45), trois jours après la néoménie. Cet astronome l'a encore vue, au télescope, trois jours après le premier quartier; tandis qu'*Hévélius* (Selenographia déjà citée, p. 291) la perdait un jour après la quadrature.

Elle reparaît dans le décours, et les observateurs, depuis *Galilée* (Dialogo déjà cité, part. I. — Reproduit : Galilei, Ope, I, 1842, 111), s'accordent à dire qu'elle est alors plus vive que dans le croissant. La raison en est, d'après ce savant illustre, que la partie de notre globe qui éclaire la Lune pendant le décours, est surtout la partie continentale, composée de l'Asie, de l'Europe et de l'Afrique; tandis que, pendant le croissant, l'éclairement provient des océans, interrompus seulement par le continent

droit d'Amérique. Mais *Hevelius* fait remarquer (Selenographia, p. 399) que le sol de la Lune est moins réfléchissant dans la portion orientale du disque qu'il ne l'est dans la portion occidentale; la différence d'éclat entre les deux phases de la lumière cendrée pourrait provenir de cette circonstance.

Laugier a fait, d'après les instructions d'*Arago*, des expériences photométriques, pour comparer l'éclat, à surface égale, de la lumière cendrée ou secondaire et de la lumière primaire de la Lune. L'éclat de la partie brillante de l'astre étant pris pour unité, il a trouvé pour l'éclat de la lumière cendrée (Arago, OEu, X, 1858, 294) :

$$\text{Dans le croissant} \ldots\ldots \frac{1}{7\,030},$$

$$\text{Dans le décours} \ldots\ldots \frac{1}{4\,000}.$$

Connaissant les dimensions et les distances des astres, on peut déterminer théoriquement la proportion de lumière qui constitue la lumière cendrée de la Lune. Toutefois, pour faire accorder ce calcul avec l'observation, il serait nécessaire de connaître exactement l'albédo des surfaces réfléchissantes. On trouve les formules dans

2267. Dusèjour, D. Détermination de l'intensité de la lumière cendrée.

Dans son Traité analytique des mouvements apparents des corps célestes, 2 vol. 4e, Paris; vol. I, 1786, p. 695, formant le chap. 6 du liv. III.

On possède quelques observations sur la teinte de la lumière cendrée. En 1774, *Lambert* (Berlin, Mem, 1773, 42) la trouvait d'un vert olivâtre, qu'il attribuait au reflet des grandes forêts de l'Amérique du Sud. Mais *Arago* fait remarquer qu'il faut, dans ces observations, se défier du défaut d'achromatisme de la lunette, et tenir compte du contraste avec le bleu de l'atmosphère (Arago, Ape, III, 1856, 482).

Klein a toujours trouvé la lumière cendrée d'un vert grisâtre (WfA, XII, 1889, 14), dans un télescope achromatique. *Pessner* la voit bleuâtre dans un chercheur de comètes, qui lui permet de distinguer, dans cette lumière, les principales taches du disque; en approchant du centre, cette teinte bleue tire sur le gris. Mais à l'œil nu, il trouve la lumière cendrée franchement bleue (ANn, LXXXVIII, 1876, 279).

§ 210. MOUVEMENT DE CIRCULATION.

Les mouvements de la Lune, dit *Pline* (Historia naturalis [L], lib. II, cap. 9), sont, de tous les mouvements célestes, les plus difficiles à représenter. Indépendamment de la vitesse angulaire moyenne, il fallait tenir compte de plusieurs inégalités, qui se développent suivant des arguments différents. La plus importante, l'équation du

centre, a été connue la première. Elle était déjà évaluée numériquement par *Hipparque* (Ptolemaeus, MCo, lib. v, cap. 7). C'était la prostaphérèse, « prostaphaeresis » proprement dite.

L'évection fut découverte, en l'an 138, par *Ptolémée* (ibid., lib. v, cap. 1), qui l'appelle « prosneusis. » Elle fut désignée successivement sous les noms de « prostaphaeresis secundi epicycli » [*Copernic*], « prostaphaeresis excentricitatis » [*T. Brahé*], « aequatio temporanea » [*Képler*], et enfin « evectio » [*Boulliau*] (Bullialdus, Aph. 1645, lib. III).

Il semble que la Variation ait été connue d'*Aboul-Wéfa*, en 980 (*L. A. Sédillot*, dans le Nouveau journal asiatique, 8°, Paris; t. XVI, 1835, p. 436). Cette assertion a été, il est vrai, vivement contestée par *J. B. Biot* (JdS_3, 1843, 513...; 1844, 646; 1845, 149); mais elle a été vigoureusement défendue par *L. A. Sédillot* (Paris, Crh, XVII, 1843, 163; XVIII, 1844, 48). En tout état de cause, *Brahé* en reconnut l'existence en 1601 (Braheus, AiP, 1602, addition posthume de 1610 entre les p. 112 et 113. — Reproduit : Brahe, Ope, 1648, 87). Cette inégalité fut appelée d'abord « aequatio perpetua » et « variatio » [*Képler*], « variatio » et « reflectio » [*Boulliau*].

T. Brahé avait entrevu l'équation annuelle (*Bertrand*, Les fondateurs de l'astronomie moderne, 8°, Paris, s. d.; p. 94). Mais ce fut *Képler* qui la mit en évidence, et qui lui donna le nom qu'elle porte encore, « aequatio annua » (*Keplerus & Berneggerus*, Epistolae mutuae, 12°, Argentorati, 1672; p. 72. — Reproduit : Keplerus, Ope, VI, 1866, 618).

Outre les inégalités du mouvement dans l'orbite, il fallait également considérer le déplacement progressif de celle-ci. *Ptolémée*, au II° siècle, connaissait déjà le mouvement direct de la ligne des apsides, et le mouvement rétrograde de la ligne des nœuds, dont il avait même mesuré la vitesse (Ptolemaeus, MCo, lib. IV, cap. 2, 3, 8).

On tenait compte d'une manière empirique de ces différentes corrections, lorsqu'en 1638, *Horrocks* étendit à la Lune la théorie elliptique que *Képler* avait fait prévaloir pour les planètes. Ses idées à cet égard ne furent pourtant publiées qu'en 1672, peu de temps, par conséquent, avant l'apparition des Principia de *Newton* (*Horroccius*, Novae theoriae lunaris... explicatio, dans son Astronomia Kepleriana, 4°, Londini, 1672. — Reproduit dans ses Opera posthuma, 4°, Londini, 1673; p. 465).

L'inclinaison du plan de l'orbite lunaire sur l'écliptique était connue de *Pythagore*, au — VI° siècle (*Diodorus siculus*, Bibliotheca historica [G], lib. I, cap. 48, 98; *Plutarchus*, De creatione animae [G], cap. 45). Au XIII° siècle, *Aboul Hhassan* trouva qu'elle est plus grande dans les quadratures que dans les syzygies (*Aboul Hhassan*, traduit par *J. J. Sédillot*, Traité des instruments astronomiques des Arabes, 2 vol. 4°, Paris; t. I, 1834, ch. V. — Comparez : *L. A. Sédillot*, dans Paris, Crh, XIX, 1844, 1027). *T. Brahé* expliqua cette différence, ainsi que l'inégalité du nœud, par une libration dans un cercle d'un rayon de 9 ½' autour du pôle de l'orbite (Braheus, AiP, 1602, 126. — Reproduit : Brahe, Ope. 1648, 89).

Nous allons réunir ci-dessous les principales données numériques relatives à l'orbite de la Lune, troublée par le Soleil. Il y a dans ces tableaux des quantités qui restent en blanc, et qui cependant figurent dans les autorités citées. Ce sont celles que les auteurs s'étaient contentés de transcrire, sans les discuter à nouveau ou les calculer. Il aurait été dangereux de les confondre avec les nombres déterminés directement.

Valeurs attribuées aux éléments du mouvement de la Lune, dans l'orbite troublée.

Mouvement en 100 ans juliens							
De la longitude moyenne. [illegible] +	du périgée. [illegible] +	du nœud. − [illegible] −	Plus grande équation du centre.	Évection.	Variation.	Équation annuelle.	Inclinaison.
—3101? Les Hindoux. (*Bailly*, Traité de l'astronomie indienne, 4°, Paris, 1787; p. 97.)							
40' 53"	5' 30"	21' 2"	5° 1'	»	»	»	5°
+ 140. Ptolémée. (Ptolemaeus, MCo, lib. IV, cap. 3, 6, 11.)							
21' 34"	-8° 22'	31' 8"	5° 20' 30"	1° 19' 30"	»	»	5° 0'
II° siècle. Théon de Smyrne. (Eorum quae in mathematicis ad Platonis lectionem utilia sunt expositio; 4°, Lutetiae, 1644.)							
»	»	»	»	»	»	»	6°
830. Iahia ebn Aboumansour. (*Caussin*, Le livre de la table hakémite, 4°, Paris, 1804; p. 216).							
53' 9"	»	+4' 30"	»	»	»	»	5° 0'
880. Albategnius. (De motu stellarum [A], cap. 30.)							
»	»	»	7° 40'	»	»	»	5° 15'
1000. Ebn Iounis. (*Caussin*, Le livre de la table hakémite, 4°, Paris, 1804; p. 216.)							
40' 45"	»	13' 22"	»	»	»	»	4° 46'
1252. Alphonsus. (Coelestium motuum tabulae; 4°, Venetiis, 1483.)							
45' 53"	6' 40"	9' 10"	»	»	»	»	»
1346. Chrysococca. (*Bailly*, Traité de l'astronomie indienne, 4°, Paris, 1787; p. 156.)							
47' 54"	17' 57"	11' 9"	5° 1' 6"	»	»	»	»

Mouvement en 100 ans juliens — De la longitude moyenne. 1336ᶜ 307° +	du périgée. 11ᶜ 109° +	du nœud. − 5ᶜ 134° −	Plus grande équation du centre.	Évection.	Variation.	Équation annuelle.	Inclinaison.
1437. Ulug-Beg. (Ibid.)							
54' 29"	28' 21"	6' 10"	4°59' 58"	»	»	»	»
1525. Copernic. (Copernicus, Rev, 1543, lib. IV.)							
47' 58"	16' 40"	12' 0"	6°10'	1°22'	»	»	4°59' 30"
1602. T. Brahé. (Braheus, AIP, lib. I, p. 126.)							
56' 0"	19' 41"	9' 41"	»	1°15'	37' 0"	»	5° 7' 53"
1622. Longomontanus. (Astronomia danica; fol., Amsterodami.)							
46' 58"	17' 58"	11' 31"	6°19' 28"	1°21' 0"	»	»	5° 8' 0"
1627. Kepler. (*Keplerus*, Tabulae rudolphinae; fol., Ulmae.)							
46' 51"	14' 16"	11' 7"	6°18' 0"	1°15' 0"	»	»	5° 9' 0"
1631. Lansberg. (*Lansbergius*, Uranometria, 4°, Middelburgi, lib. I.)							
46' 28"	9' 57"	11' 11"	6°19' 22"	1°20' 38"	»	»	5° 8' 0"
1644. Wendelin. (*Wendelinus*, Luminarcani, 4°, Antuerpiae; tabulae atlanticae ideo, p. 29.)							
46' 7"	21' 0"	11' 46"	6°15' 0"	1°15' 0"	»	»	»
1645. Boulliau. (Bullialdus, Aph, lib. III, cap. 6.)							
46' 36"	18' 30"	12' 17"	6°14' 59"	1°15' 0"	»	»	4°58' 30"
1651. Riccioli. (Ricciolus, Alm, I, 258, 280.)							
50' 0"	18' 5"	9' 44"	6°15' 30"	1°14' 30"	»	»	5° 9' 0"
1672. Horrocks. (*Horroccius*, Astronomia Kepleriana; 4°, Londini. — Opera posthuma, Londini, 1673; p. 473.)							
46' 51"	4' 16"	11' 7"	»	»	»	11' 16"	»

Mouvement en 100 ans juliens — De la longitude moyenne. 1336ᶜ 307° +	du périgée. 11ᶜ 109° +	du nœud. − 5ᶜ 134° −	Plus grande équation du centre.	Évection.	Variation.	Équation annuelle.	Inclinaison.
1687. Flamsteed. (Newtonus, PPm, lib. III. — Reproduit: Le Monnier, Ins, 1746; ch. X.)							
50' 25"	11' 15"	11' 15"	6°18' 45"	1°18' 50"	40' 34"	11' 40"	5° 40' 0"
1687. Lahire. (Tabulae astronomicae, pars Ia; 4°, Parisiis.)							
50' 1"	14' 16"	11' 7"	»	»	»	11' 9"	5° 1' 30"
1719. Halley. (*Halleius*, Tabulae astronomicae; 4°, Londini, 1749.)							
50' 25"	11' 15"	11' 15"	6°21' 0"	1°22' 24"	35' 10"	11' 40"	4°59' 35"
1740. J. Cassini. (Cassini, Elm, liv. III.)							
49' 52"	14' 16"	11' 5"	6°20' 50",5	1°21' 55",5	35' 38"	9' 44"	5° 9' 0"
1745. L. Euler. (Novae et correctae tabulae ad loca Lunae computanda; 4°, Berolini.)							
»	»	»	6°18' 18"	1°19' 40"	»	11' 20"	»
1752. T. Mayer. (Gotinga, CII, II, 383.)							
57' 20"	11' 15"	11' 15"	6°18' 44"	1°20' 34"	40' 45"	11' 20"	5° 8' 52"
1754. Clairaut, par la théorie de la gravitation. (Tables de la Lune, 8°, Paris.)							
»	»	»	»	1°16' 18"	36' 54"	11' 58"	»
1756. D'Alembert. (Recherches sur différents points importants du système du monde, 3 vol. 4°, Paris; t. III, 1756, p. 29, 230. — Nova tabularum lunarium emendatio, 4°, Paris, 1756.)							
»	»	»	6°18' 45"	1°16' 18"	»	12' 57"	»
1770. T. Mayer. (Tabulae motuum Solis et Lunae; 4°, Londini.)							
53' 35"	11' 15"	11' 15"	6°18' 31",6	1°20' 34"	37' 4"	11' 16"	5° 8' 46",9
1787. Mason. (*Mayer's* lunar tables improved; 4°, London.)							
»	»	»	6°17' 35",0	1°20' 26",4	35' 41",1	11' 8",8	5° 9' 46",9
1802. Triesnecker. (BaJ, 1805, 145.)							
52' 46",3	3' 2",7	11' 59",7	6°17' 35",8	1°20' 26",4	35' 42",0	11' 11",6	5° 8' 46",3

	Mouvement en 100 ans juliens		Plus grande équation du centre.	Évection.	Variation.	Équation annuelle.	Inclinaison.
De la longitude moyenne. 1336° 307° +	du périgée. 11° 109° +	du nœud. − 5° 134° −					

1806. Bürg. (Tables de la Lune; 4°, Paris.)

52' 45",48	5' 26",71	9' 42",0	6° 17' 19",4	1° 16' 32"	39' 35",1	11' 11",8	5° 8' 46",3

1812. Burckhardt. (Tables de la Lune; 4°, Paris.)

56' 53",5	5' 48",2	10' 1",2	6° 17' 19",7	1° 16' 27",0	39' 55",4	11' 18",5	5° 8' 42",1

1826. Carlini. (Osservazioni della Luna, 8°, Milano.)

»	»	»	6° 18' 36",3	»	»	»	»

1826. De Damoiseau. (Tables de la Lune; fol., Paris.)

55' 41",0	2' 46",0	9' 57",5	6° 17' 55",7	1° 16' 26",6	39' 30",0	11' 15",1	5° 9' 0",25

1832. Plana. (Théorie de la Lune; 3 vol. 4°, Turin; t. I.)

55' 10",5	»	»	6° 17' 37",6	1° 16' 25",6	39' 30",5	11' 8",6	5° 8' 45",0

1846. De Pontécoulant. (Théorie analytique du système du monde, 4 vol. 8°, Paris; vol. IV.)

»	»	»	»	1° 16' 27",0	39' 30",8	11' 6",0	»

1853. Peirce. (Tables of the Moon; 4°, Washington.)

»	»	»	6° 17' 55",2	1° 16' 27",4	39' 31",0	11' 10",5	5° 8' 30",0

1857. Hansen. (Tables de la Lune; 4°, Londres.) Dans la manière de calculer de *Hansen*, les termes principaux de l'évection, de la variation et de l'équation annuelle ne dépendent pas tout à fait du même argument que dans la méthode usuelle.

55' 30",01	5' 2",40	9' 50",31	6° 18' 12",5	1° 14' 27",02	35' 43",01	10' 57",52	5° 8' 30",96

1861. Airy. (London, MAS, XVII, 1849, 53; XXIX, 1861, 1.)

45' 30",95	5' 57",4	6' 14",2	6° 17' 19",06	1° 16' 27",01	39' 30",7	11' 6",0	5° 8' 55",55

1867. Delaunay. (CdT, 1869, 5.)

»	»	»	»	1° 16' 26",22	39' 29",74	11' 8",01	5° 8' 41",7

1878. Newcomb. (Washington, Obs$_1$, 1875; app. II.)

55' 16",44	»	»	»	»	»	»	»

§ 211. THÉORIE ET TABLES.

Indépendamment des grandes inégalités dont nous avons parlé au § précédent, le mouvement vrai de la *Lune* ne peut être établi qu'en tenant compte d'un grand nombre de petites équations, dépendant d'arguments variés. La première théorie de ces petites équations a été donnée par *Newton*; elle a paru d'abord dans le traité de *D. Gregory*, Astronomiae physicae et geometricae elementa, fol., Oxonii, 1702 (lib. IV, prop. 29), réimprimé à Genève en 1726, en 2 vol. 4° (voir t. II, p. 595). Elle a été reproduite, avec des développements et accompagnée de tables, dans l'ouvrage de *Whiston*, Praelectiones astronomicae, 8°, Cantabrigae, 1707. Enfin *Newton* l'a publiée de nouveau dans la seconde édition de ses *Principia* qui est, comme on sait, de 1713 (voir § 111, n° 1393). Ce travail contient le calcul de huit inégalités.

Nous avons cité au § 115 les principales recherches auxquelles la théorie de la Lune a donné lieu. Il suffira d'indiquer ici les ouvrages les plus recommandables dans lesquels on trouvera le calcul numérique des inégalités.

Rappelons d'abord, pour mémoire, la Theoriae motuum Lunae nova methodo pertracta, de *L. Euler*, déjà citée au § 115, sous le n° 1515, qui a paru en 1772. Dans cet ouvrage, l'auteur aborde le calcul détaillé des inégalités de la *Lune*. Il détermine 21 équations pour la longitude, autant pour le rayon vecteur, et 16 pour la latitude. Les calculs numériques ont été faits par *J. A. Euler*, *W. L. Kraft* et *J. A. Lexell*.

Nous mentionnerons ensuite :

2268. Laplace, P. S. de. Théorie de la Lune. Laplace, TMc, III, 1802, liv. VII.

2269. Triesnecker, F. v. P. Aequationes longitudinis et latitudinis Lunae ex occultationibus fixarum castigatae. Gotinga, Com$_2$, XV, 1803, 29, 47.

2270. Damoiseau, M. C. T. de. Mémoire sur la théorie de la Lune. Paris, Mpr$_3$, I, 1827, 317. — Comparez : Tables de la Lune, fol., Paris, 1828; introd., p. j-iij.

Dans les Mémoires présentés, les valeurs numériques des inégalités sont à la p. 565.

2271. Plana, J. Expression de la longitude vraie de la Lune en fonction de sa longitude moyenne; parallaxe horizontale de la Lune; latitude de la Lune en fonction du temps.

Dans sa Théorie du mouvement de la Lune, 3 vol. 4°, Turin; vol. I, 1832, p. 618, 645, 717.

2272. Schubert, F. T. Théorie de la Lune.

Dans son Astronomie théorique, 3 vol. 4°, Hambourg; t. III, 1834, p. 428.

2273. Pontécoulant, G. de. Théorie du mouvement de la Lune autour de la Terre.

Dans sa Théorie analytique du système du monde, 4 vol. 8°, Paris; t. IV, 1846, p. 5. Ce travail occupe le volume entier. Les expressions numériques sont p. 592-613.

2274. Hansen, P. A. [Inégalités du mouvement de la Lune.]

Dans ses Tables de la Lune, 4°, Londres, 1857; p. 5-15.

2275. Delaunay, C. Expressions numériques des trois coordonnées de la Lune. CdT, 1869, 3.

Les coefficients numériques des termes sont p. 11-32.

Il demeure quelque incertitude sur certaines équations, tandis que d'autres ne paraissent encore connues que par des discussions empiriques. Les principaux travaux à consulter, pour connaître toutes les difficultés de la représentation numérique des mouvements de la Lune, sont les suivants :

2276. Longstreth, M. F. On the accuracy of the tabular longitude of the Moon, to be obtained by the construction of new lunar tables. Transactions of the American philosophical Society held at Philadelphia, new series; vol. X, 1853, p. 225.

2277. Lubbock, J. W. On the lunar theory. London, MAS, XXX, 1862, 1.

Il y a une récapitulation p. 37.

2278. Newcomb, S. Researches on the motion of the Moon. Washington, Obs., 1875, app. II.

Parmi les petites équations de la longitude lunaire, l'une des plus importantes est celle qu'on appelle parallactique, parce qu'elle dépend de la distance à laquelle le système Terre-Lune se meut du Soleil, et qu'elle peut servir, par conséquent, à calculer la parallaxe de ce dernier astre. *Mason* fut le premier à l'introduire dans les

tables (*Mayer's* lunar tables improved, 4°, London, 1787). Voici les valeurs numériques qui ont été assignées à cette équation par différentes discussions soignées :

Valeurs attribuées à l'équation parallactique de la Lune.

1787.	Mason. (Mayer's Tables of the Moon improved; 4°, London.)	2′ 5,5
1802.	Triesnecker. (BaJ, 1805, 155.)	2 2,5
1806.	Bürg. (Tables de la Lune; 4°, Paris.)	2 2,578
1812.	Burckhardt. (Tables de la Lune; 4°, Paris.)	2 3,5
1826.	Bürg. (ANa, IV, 24.)	2 1,984
1828.	De Damoiseau. (Tables de la Lune; fol., Paris.)	2 2,48
1832.	Plana. (Théorie du mouvement de la Lune, 3 vol. 4°, Turin; t. I, p. 624.)	2 2,110
1857.	Hansen. (Tables de la Lune, 4°, Londres; p. 8.)	2 1,56
1861.	Airy. (London, MAS, XXIX, 16.)	2 4,7
1867.	Delaunay. (CdT, 1869, 46.)	2 4,39
1868.	E. J. Stone. (London, MNt, XXVIII, 24.)	2 5,36
1878.	Newcomb. (Washington, Obs., 1875, append. II, p. 24.)	2 5,46
1881.	Campbell & Neison. (London, MNt, XLI, 265.)	2 4,7
1882.	E. J. Stone, par les observations de Greenwich à l'altazimuth. (London, MNt, XLII, 55.)	2 5,2
1882.	E. J. Stone, par les observations méridiennes de Greenwich. (London, MNt, XLII, 66.)	2 5,26

Les expressions des coordonnées de la Lune ont été fréquemment réduites en tables. Les différents travaux entrepris à ce sujet ont accusé des progrès constants et fort remarquables, sans qu'on soit encore parvenu cependant à représenter les mouvements de notre satellite avec toute l'exactitude sur laquelle il est permis de compter, par exemple, pour le Soleil.

La Lune figurait dans toutes les tables générales dont nous avons parlé au § 186. Elle fait l'objet de calculs spéciaux dans les publications dont les titres suivent :

2279. Flamsteed, J. Lunar tables.

Dans *J. Moore*, A new system of the mathematicks, 2 vol. 4°, London, 1681. — Ces tables ont été réimprimées par les soins de *Le Monnier*, 4°, Paris, 1746.

2280. Horrebow, P. Tabulae lunares absque observationibus. *Francke, J.C.*, Bibliotheca novissima observationum et recensionum, 4°, Hallae Magdeburgensis; année 1718.

2281. Halley, E. Tabulae lunares [1719], dans ses Tabulae astronomicae, 4°, Londini, 1749.

Bien que ces tables appartiennent à l'un des recueils généraux mentionnés au § 186, nous avons cru devoir les reprendre ici, parce qu'elles sont le résultat de recherches spéciales très-soigneuses.

2282. [Grammaticus, N.] Tabulae lunares ex theoria et mensuris Isaaci Newtoni; 4°, Ingolstadii, 1726.

2283. Leadbetter, C. Tables of the Moon.

Dans son ouvrage : A complet system of astronomy; 2 vol. 8°, London, 1728. — Tirées aussi séparément avec la date de 1729. — Réimprimées dans son Uranoscopia; 8°, London, 1735.

2284. Wright, R. New and correct tables of the lunar motions, according to the newtonian theory; 4°, London & Manchester, 1732.

2285. Capelli, A. Tabulae lunares; dans son Astrosophia numerica, 2 vol. 4°, Venetiis; vol. I, 1733.

2286. Dunthorne, R. Tables of the Moon; dans son ouvrage The practical astronomy of the Moon; 8°, Cambridge, 1739.

2287. Cassini, J. Tables des mouvements de la Lune; dans ses Tables astronomiques, 4°, Paris, 1740; p. 22.

Ces tables font partie d'un des recueils généraux cités au § 186; mais les éléments sur lesquels elles reposent ont fait l'objet d'une discussion toute spéciale.

2288. Euler, L. Novae et correctae tabulae ad loca Lunae computanda; 4°, Berolini, 1745.

Reproduit dans ses Opuscula varii argumenti, 3 vol. 4°, Berolini; vol. I, 1746. Aussi dans *Kies, J.*, Astronomisches Jahrbuch für 1750; 8°, Berlin, 1750. Ce sont ses premières tables, beaucoup moins complètes que celles de 1772 (voir plus loin, n° 2296).

2289. Mayer, T. Novae tabulae motuum... Lunae. Gottinga, Cil, II, 1752, 383. — Reproduit : CdT, 1761, 121. Aussi : EpV, 1764, app. Aussi : *Rochon, A. M. de,* Opuscules mathématiques, 8°, Paris, 1768; à la fin.

2290. Clairaut, A. C. Tables de la Lune calculées suivant la théorie de la gravitation universelle; 8°, Paris, 1754.

2291. Loys de Cheseaux, J. P. de. Tables de la Lune; dans ses Mémoires posthumes, 4°, Lausanne, 1754.

2292. Alembert, J. L. d'. Nova tabularum lunarium emendatio; 4°, Parisiis, 1756. — Reproduit dans ses Opuscules mathématiques, 8 vol. 4°, Paris; tom. II, 1762. — Revu tom. IV, 1768, p. 367.

2293. Clairaut, A. C. Tables de la Lune calculées suivant la théorie de la gravitation universelle; 2e édit., 8°, Paris, 1765. — Reproduit dans *Martin, B.*, Institutions of astronomical calculations, 2 part. 8°, London; part. I, 1765.

2294. Cowper, S. Tabulae duncimenses, lunar tables; dans son ouvrage intitulé : A treatise on the parallactic angle; 4°, London, 1766.

2295. Mayer, T. Tabulae motuum Solis et Lunae, quibus accedit methodus longitudinum; 4°, Londini, 1770. — Reproduit : EpV, 1772, app. Aussi : *Berliner Akademie,* Sammlung astronomischer Tafeln, 3 vol. 8°, Berlin; vol. II, 1776, p. 2. Aussi : Lalande, Ast$_3$, I, 1792.

Édition des tables de *Mayer*, revue par *Maskelyne*. Les éléments sont un peu différents de ceux de la première édition. Dans la reproduction des Éphémérides de Vienne, *Pilgram* a, pour la première fois, rendu toutes les équations additives, par une altération convenable des constantes.

2296. Euler, L. Novae tabulae lunares singulari methodo constructae; 8°, Petropoli, 1772. — Reproduit : CdT, 1786, 393.

C'est une édition séparée des tables qui ont paru en même temps dans la Theoria motuum Lunae du même auteur (voir § 115, n° 1515).

2297. Mason, C. *Mayer's* lunar tables improved; 4°, London, 1787. — Reproduit : CdT, 1786, 198 et 1790, 296. Aussi : EpV, 1794, app.

Voyez les corrections de ces tables indiquées par *Wurm* (BaJ, 1801, 187).

2298. Triesnecker, F. d. P. Tabulae lunares ad fidem occultationum fixarum conditae. EpV, 1803, 313.

2299. Bürg, J. T. Tables de la Lune; 4°, Paris, 1806.

Dans les Tables astronomiques publiées par le Bureau des Longitudes.

2300. Oltmanns, J. Mondstafeln nach Bürgs Längengleichungen und de Laplace's Breiten- und Parallaxengleichungen. BaJ, Sup, IV, 1808, 1.

2301. Zach, F. X. de. Tables abrégées et portatives de la Lune; 8°, Florence, 1809.

2302. Burckhardt, J. C. Tables de la Lune publiées par le Bureau des Longitudes; 4°, Paris, 1812.

Ces tables sont devenues rares. Des errata ont été donnés par *Knorre* (ANa, VII, 1829, 265) et par *Clausen* (ANa, XIX, 1842, 221). Pendant près d'un demi-siècle, les tables de *Burckhardt* ont été considérées comme celles qui représentaient le mieux les mouvements de la Lune.

Ces tables ont été réduites au méridien de Coimbre et réimprimées par les soins de *Feio, F. M. B.*, Taboas de Lua reduzidas de Burckhardt ao meridiano do observatorio da universidade de Coimbra; 4°, Coimbra, 1852.

2303. Damoiseau, M. C. T. de. Tables de la Lune formées par la seule théorie de l'attraction et suivant la division de la circonférence en 400 degrés; 4°, Paris, 1824. — Converties suivant la division sexagésimale de la circonference; fol., Paris, 1828.

Airy a donné dans sa Reduction of the observations of the Moon from 1750 to 1830, 2 vol. 4°, London, 1848, au vol. I, p. xliij-cxlvj, des tables destinées à remplacer une partie de celles de *Damoiseau*.

2304. Hansen, P. A. Tables de la Lune construites d'après le principe newtonien de la gravitation universelle; 4°, Londres, 1857.

Il faut avoir soin de consulter : *Hind*, J. R., Errata to Hansen's lunar tables; 8°, London, 1862.

2305. Peirce, B. Tables of the Moon; 4°, Washington, 1853. — 2e édit., 1865.

Ces tables sont principalement fondées sur les éléments des mouvements de la Lune déterminés par *Airy*, à la suite de la réduction des observations de Greenwich de 1750 à 1830.

On trouve dans les volumes annuels de la plupart des éphémérides modernes, des tables pour tenir compte des secondes différences, dans l'interpolation des coordonnées de la Lune. Ces différences n'étant pas toujours suffisantes, il est peut-être bon

de citer les tables de *Henderson*, qui permettent de prendre en considération les différences du troisième et au besoin du quatrième ordre. En voici le titre :

2306. Henderson, T. Tables of the third and fourth differences for interpolating the Moon's place.

Dans le Quarterly journal of science, literature, and the arts, 8°, London; vol. XIX, 1825, p. 287.

Indépendamment des tables générales de la Lune, il faut citer quelques tables, soit de la parallaxe, soit du demi-diamètre :

2307. [Lalande, J. J. de]. Table générale des parallaxes [de la Lune]. CdT, 1805, 451.

2308. Adams, J. C. New tables of the parallax of the Moon. NAl, 1856, app, 55.

Ces tables sont destinées à remplacer celles de *Burckhardt*. Elles ont été réimprimées, sous la forme adoptée par ce dernier, dans l'ouvrage : *Feio, F. M. B.*, Novas taboas de parallaxe da Lua de J. C. Adams, reduzidas a mesma forma em que foram publicadas as taboas da Lua de Burckhardt; 4°, Coimbra, 1854. Elles ont aussi été reproduites aux États-Unis d'Amérique, avec quelques modifications de *S. C. Walker*, par *Dobbin, J. C.*, Tables of the Moon's parallax; 4°, Washington, 1854.

2309. Lambert, W. Tables of the semidiameter of the Moon. London, MAS, I, 1822, 265.

Pour compléter cet article sur les éléments numériques des mouvements de la Lune, il nous reste à donner les époques de la longitude moyenne, du périgée et du nœud, d'après les tables ou les discussions les plus accréditées. Nous ne remonterons pas plus haut que les premières tables de *T. Mayer*. Les indications bibliographiques des différentes tables se trouvant dans les pages qui précèdent immédiatement, il serait superflu de les répéter ici.

Nous désignons par L la longitude moyenne, par Π celle du périgée, et par ☊ celle du nœud ascendant.

1752. T. Mayer.

Époque 1750; 0h,0 t. m. Paris.
L = 188° 16′ 53″
Π = 330 56 47
☊ = 280 19 9

1770. T. Mayer.

Époque 1750; 0j,0 t. m. Paris.
L = 188° 17′ 19″
Π = 330 35 51
☊ = 200 19 9

1787. Mason.

Époque 1750; 0j,0 t. m. Paris.
L = 188° 17′ 16″
Π = 330 34 53
☊ = 200 20 0

1802. Triesnecker.

Époque 1800; 0j,0 t. m. Paris.
L = 335° 38′ 25″,1
Π = 225 23 45,2
☊ = 33 15 7,6

1806. Bürg [après révision par *A. Bouvard*].

Époque 1800; 0j,5 t. m. Paris.
L = 342° 12′ 37″,4
Π = 225 26 19,7
☊ = 33 15 6,8

1812. Burckhardt.

Époque 1801; 0j,5 t. m. Paris.
L = 111° 36′ 57″,5
Π = 266 7 6,1
☊ = 13 54 56,7

1828. De Damoiseau.

Époque 1801; 0j,5 t. m. Paris.
L = 111° 36′ 42″,3
Π = 266 6 44,4
☊ = 13 54 54,2

1857. Hansen.

Époque 1800; 0j,0 t. m. Greenwich.
L = 335° 43′ 26″,70
Π = 225 23 55,06
☊ = 33 16 31,15

1861. Airy. (London, MAS, XXIX).

Époque 1801; 0j,5 t. m. Paris.
L = 111° 36′ 30″,3
Π = 266 6 44,0
☊ = 13 54 40,4

1878. Newcomb. (Washington, Obs., 1875; app. II, p. 264).

Époque 1800; 0j,0 t. m. Greenwich.
L = 335° 43′ 30″,60

§ 212. ACCÉLÉRATION.

Halley ayant examiné, en 1693, les observations de la Lune d'*Albategnius*, crut qu'il serait nécessaire, pour les représenter, d'ajouter à l'expression de la longitude de l'astre, un terme dépendant du carré du temps (London, PTr, 1693, 193; 1695, 174). Cette opinion fut confirmée par *Dunthorne* (London, PTr, 1747, 412), et bientôt ne laissa plus de doutes.

Toutefois la cause de cette accélération demeura inconnue, jusqu'à ce que *Laplace* eût signalé (Paris, H & M, 1786, 235) dans la vitesse de notre satellite, l'altération qui doit résulter de la variation de l'excentricité de l'orbite terrestre. La diminution de cette excentricité produit une accélération du moyen mouvement de la Lune, ainsi qu'une variation séculaire du périgée et du nœud. La valeur de l'accélération n'est pourtant pas aussi considérable que *Laplace* l'avait déduite de sa théorie. Nous avons rappelé au § 124, p. 297, comment *Delaunay* se montra disposé (Paris, Crh, LXI, 1865, 1023) à attribuer au ralentissement de la rotation de notre globe, la différence entre le chiffre théorique et le chiffre observé de l'accélération.

Nous allons rapporter les valeurs attribuées, tant par le calcul que par l'observation, aux variations séculaires de la longitude moyenne, de la longitude du périgée et de celle du nœud.

Valeurs attribuées aux variations séculaires de la Lune.

	Variation séculaire sidérale		
	de la longitude moyenne.	du périgée.	du nœud.
	+	—	+
1693. Halley, en comparant les observations modernes à celles d'*Albategnius*. (London, PTr, 1693, 193.)	10″,2	»	»
1749. Costard, par les éclipses de l'Almageste. (London, PTr, 1749, 162.)	10,0112	»	»
1752. T. Mayer, par les observations anciennes. (Gotinga, Cil, II, 383.)	6,998	»	»
1757. J. J. de Lalande, par les éclipses d'*Ebn Iounis* de 977 et 978. (Paris, H & M, 1757, 411.)	9,886	»	»

	Variation séculaire sidérale		
	de la longitude moyenne.	du périgée.	du nœud.
	+	—	+
1770. T. Mayer, en reprenant la discussion des observations anciennes. (Tabulae motuum Solis et Lunae; 4°, Londini.)	9″,007 2	»	»
1787. Laplace, par la théorie. (Paris, H & M, 1786, 255.)	11,135	»	»
1802. Laplace, en combinant avec la théorie les anciennes éclipses d'*Ebn Iounis* et de l'Almageste. (Laplace, TMc, III, liv. VII, ch. j, n°s 15, 16.)	10,181 62	30″,9	7″,6
1802. F. T. Schubert, par la théorie. (Petropolis, NAc, XIII, 418.)	11,155	»	»
1806. Bürg, d'après les observations. (Tables de la Lune; 4°, Paris.)	10,3	43,7	6,4
1812. Burckhardt, d'après les observations. (Tables de la Lune; 4°, Paris.)	9,0	40,7	7,5
1822. Burckhardt, par une nouvelle discussion des observations. (CdT, 1824, 308.) . . .	»	42	»
1826. Bürg, d'après les observations. (ANn, IV, 9.)	10,2	»	»
1827. De Damoiseau, par la théorie. (Paris, Mpr$_S$, I, 344.)	10,725 2	39,697 1	6,363 2
1832. Plana, par la théorie. (Théorie du mouvement de la Lune, 3 vol. 4°, Turin; t. I, p. 606.)	10,580 0	40,312 9	6,820 9
1841. Hansen, théoriquement. (ANn, XIX, 1842, 196.), ...	10,580	36,220	6,830
1846. De Pontécoulant, par la théorie. (Théorie analytique du système du monde, 4 vol. 8°, Paris; t. IV, p. 591.).	10,631 2	40,611 5	6,731 0
1847. Hansen, en reprenant les calculs théoriques. (ANn, XXV, 328.).	11,47	36,31	»
1853. Adams, par la théorie. (London, PTr, 1853, 397.).	5,78	»	»

	Variation séculaire sidérale		
	de la longitude moyenne.	du périgée.	du nœud.
	+	—	+
1857. Hansen, par la théorie. (Tables de la Lune, 4°, London; p. 15.)	12″,180	37″,255	7″,068
1858. Airy; par les éclipses de 1030 et de — 556. (London, MAS, XXVI, 152.).	12,989	»	»
1859. Plana, par la théorie. (Torino, Mem$_2$, XVIII, 1.)	11,511 6	»	»
1859. Delaunay, par la théorie. (Paris, Crh, XLVIII, 825; XLIX, 311, 313.).	6,11	39,490	6,778
1860. De Pontécoulant, par la théorie. (London, MNt, XX, 276.)	7,992	»	»
1864. Hansen, par la théorie. (Leipzig, Abh, VII, 374.).	12,557	38,577	6,623
1865. Allégret, par la théorie. (Paris, Crh, LXI, 70.)	10,61	7,86[sic]	8,02
1878. Newcomb, en comparant les observations modernes depuis 1625 aux éclipses des Arabes, entre 820 et 1004, et à celles de l'Almageste. (Washington, Obs$_2$, 1875; app. II, p. 265.)	8,82	»	»
1879. P. Puiseux, par la théorie. (Paris, AEn$_2$, VIII, 561.).	6,328	»	»

Les nombres du tableau précédent expriment les variations séculaires sidérales. Pour obtenir les variations tropiques, il faut ajouter le terme de la précession dépendant du carré du temps, savoir :

+ 1″,222 (*Bessel*, dans ANn, VI, 1828, 264);
1,121 (*Hansen*, Tables de la Lune, 1857, p. 15);
1,120 (*Le Verrier*, dans Paris, MOb, IV, 1858, 51).

Il n'est pas aisé de démêler, dans les observations des anciennes éclipses, comparées aux tables modernes, les influences respectives du moyen mouvement en longitude, de l'accélération, et du mouvement du nœud.

Ainsi *Laplace* (CdT, 1800 [an VIII], 375) fixait le mouvement du nœud en 100 ans juliens à

— 5ᶜ 134° 8′ 25″.

Wurm (ZfA, III, 1817, 41) le trouvait un peu moindre, ou seulement

— 5ᶜ 134° 6′ 24″,7,

en comparant les tables de *Bürg* aux éclipses du moyen âge et de *Ptolémée*.

A une époque plus récente, *Hansteen* (AN, Erg, 1849, 52) a tiré de l'éclipse de 1030, observée en Scandinavie,

— 5ᶜ 134° 8′ 26″,3;

et *Zech* (AN, XXXII, 1851, 211) a déduit de 19 éclipses rapportées dans l'Almageste de *Ptolémée*,

— 5ᶜ 134° 8′ 15″,

avec un mouvement en longitude moyenne, en 100 ans juliens, de

1336ᶜ 307° 53′ 12″.

D'après *Newcomb* (Washington, Obs$_2$, 1875; app. II, p. 264, 274), les chiffres qui représentent le mieux, à la fois, les observations modernes, les éclipses arabes et les éclipses de l'antiquité, seraient, pour le nœud,

— 5ᶜ 134° 8′ 40″,6,

et pour le moyen mouvement,

1336ᶜ 307° 53′ 20″,86.

Ces valeurs correspondent (loc. cit., p. 265) à une accélération séculaire de la longitude de 8″,8; mais le chiffre de cette accélération qui s'accorde le mieux avec les observations les plus anciennes, est 8″,3 (loc. cit., p. 266).

§ 213. PARALLAXE ET DEMI-DIAMÈTRE.

La première mesure de la parallaxe de la Lune fondée sur des observations vraiment scientifiques, est celle qu'*Hipparque* fit en l'an — 140, d'après la grandeur de l'éclipse de Soleil (Ptolemaeus, MCo, lib. v, cap. 11). Depuis lors, d'autres méthodes ont été employées à cette détermination. Parmi ces méthodes, on remarque les suivantes :

La mesure des hauteurs de la Lune, dans ses deux lunistices (Ptolemaeus, MCo, lib. v, cap. 13).

L'observation de la latitude de la Lune, dans le nonagésime, comparée à sa latitude calculée (*Albategnius*, De motu stellarum [A], cap. 40).

Les différences de déclinaison entre la Lune et une étoile, lorsque la Lune est à des hauteurs méridiennes très-inégales (*Santbech*, Problemata astronomica et geometrica, fol., Basileae, 1561; liber de observatione, prop. 15).

L'observation de l'instant où la Lune est dans le même vertical avec deux étoiles (*Digges*[*ius*], Alae seu scalae mathematicae; 4°, Londini, 1573). — Ce procédé revient à mesurer la parallaxe d'ascension droite, comme *Regiomontanus* l'avait proposé pour les comètes (*De Monteregio*, De cometae magnitudine longitudineque, ac de loco ejus vero; 4°, Norimbergae, 1531).

L'observation continue des hauteurs, pendant que l'astre décrit son arc diurne, en ayant soin de tenir compte de la réfraction (*Képler*, dans une lettre à *Magini*, datée de 1601, insérée dans : *Magini*, Supplementum ephemeridum ac tabularum secundorum mobilium, 4°, Venetiis, 1614; p. 255).

La différence entre la hauteur méridienne observée de la Lune et la hauteur calculée (Ricciolus, Alm, 1651, I, 221).

Les occultations d'étoiles (*J. P. Maraldi*, dans : Paris, H & M, 1711, 505).

Les distances de la Lune au zénit, dans deux stations éloignées en latitude géographique (*J. W. Wagner*, dans : Berolinum, Mc, VI, 1740, 250).

La parallaxe horizontale de la lune est une quantité assez grande pour varier d'une manière sensible d'un lieu à un autre, suivant le rayon terrestre du point d'observation. *Newton* a, le premier, considéré cette parallaxe dans le sphéroïde aplati (Newtonus, PPm, 1687, liv. III, prop. xxviij, cor. 10); et *J. A. Euler* a proposé, inversement, de faire servir la parallaxe observée à la détermination du rapport entre les divers rayons terrestres (München, Abh$_1$, V, 1768, 197).

Il y a un tel rapport entre la parallaxe de la Lune et son demi-diamètre, que nous avons cru pouvoir réunir, dans un même tableau, les mesures de ces deux éléments.

Les déterminations modernes se rapportent à la constante de la parallaxe horizontale équatoriale, et à la constante du demi-diamètre.

La constante de la parallaxe est de 55″ moindre que la moyenne entre les parallaxes au périgée et à l'apogée (Lalande, Ast$_3$, II, 1792, 512).

Nous parlons ici de la parallaxe rapportée à l'argument de la longitude moyenne. Rapportée à l'argument de la longitude vraie, la constante de la parallaxe serait plus forte de 10",79 suivant *Plana* (Théorie du mouvement de la Lune; t. I, p. 645, 675); ou de 10",35 suivant *de Pontécoulant* (Théorie analytique du système du monde, t. IV, p. 597).

Valeurs attribuées aux constantes de la parallaxe et du demi-diamètre de la Lune.

		Parallaxe.	Demi-diamètre.
—140.	HIPPARQUE; parallaxe par les éclipses. (Ptolemaeus, MCo, lib. v, cap. 11.)	47' 50"	»
—100 ∓	POSIDONIUS. (*Plinius*, Historia naturalis [L], lib. II, cap. 23.)	05 40	»
+150.	PTOLÉMÉE; parallaxe par les hauteurs dans les lunistices. (Ptolemaeus, MCo, lib. v, cap. 13, 5.)	58 42	16' 40"
880.	ALBATEGNIUS. (De motu stellarum [A], cap. 30.)	»	16 12,5
1180 ∓	LES HINDOUX. (*Burgess*, Translation of the Sûrya Siddhânta, 8°, New Haven, 1860; ch. IV, p. 125.)	53 20	16 0
1252.	ALPHONSE. (*Alphonsus*, Coelestium motuum tabulae; 4°, Venetiis, 1483.)	59 21	»
1520.	COPERNIC. (Copernicus, Rev, 1543, lib. IV, cap. 21, 22.)	57 22,5	15 48
1602.	T. BRAHÉ. (Braheus, AIP, 1602, 115, 119, 154. — Reproduit: Brahe, Opa, 1648, 95, 97, 103.)	60 54	15 25
1622.	KÉPLER; demi-diamètre observé au télescope. (Keplerus, Epi, fasc. III, p. 861. — Reproduit: Keplerus, Opa, VI, 1866, 501.)	»	15 41
1622.	LONGOMONTANUS. (Astronomia danica, fol., Amsterodami; cap. 6, 9).	61 26	»
1627.	KÉPLER. (*Keplerus*, Tabulae rudolphinae, fol., Ulmae; p. 98.)	60 53	15 59
1635.	LANSBERGE. (Tabulae motuum coelestium perpetuae, 4°, Middelburgi; canones Lunae. — Reproduit dans ses Opera, fol., Middelburgi, 1663; tabul., p. 47.)	58 8	»
1644.	MUT. (Tractatus de Sole alphonsino; 4°, Majoricae.)	»	15 42,5

		Parallaxe.	Demi-diamètre.
1644.	ARGOLI. (*Argolus*, Pandosium sphaericum; 4°, Patavii.)	61' 17"	»
1645.	BOULLIAU. (Bullialdus, Aph, 1645, tab, 139, 158).	58 17	16' 17,5
1647.	HEVELIUS. (Selenographia sive Lunae descriptio, fol., Gedani; p. 97.)	61 10	»
1650.	WENDELIN. (Communiqué dans: Riccioius, Alm, I, 1651, 226.)	57 18	»
1651.	RICCIOLI. (Riccioius, Alm, I, 226.)	58 16	»
1666.	HUYGENS; demi-diamètre au micromètre à carreaux. (Paris, His, I, 1733, 44; VII, 1730, 113.)	»	15 42,5
1672.	HORROCKS. (*Horroccius*, Astronomia Kepleriana, 4°, Londini. — Opera posthuma, p. 487.)	58 2	15 50
1680.	FLAMSTEED. (*Moore, J.*, A new system of the mathematicks, 2 vol. 4°, London, 1681; vol. II, lunar tables.)	58 2,5	»
1687.	NEWTON. (Newtonus, PPm, lib. III, prop. IV, theor. 4.)	57 30	»
1687.	LAHIRE. (Tabulae astronomicae, 2 part. 4°, Paris; part. I.)	56 51	15 45
1719.	HALLEY. (*Halleius*, Tabulae astronomicae, 4°, Londini, 1749; tab. lunar.)	57 18	»
1727.	J. W. WAGNER; parallaxe par la comparaison de ses observations à Berlin avec celle de *Kolb* au Cap de Bonne-Espérance; première tentative de déterminer la parallaxe de la Lune par des observations faites en deux stations éloignées (Berolinum, Msc, VI, 1740, 236)	67 33	»
1740.	J. CASSINI. (Tables astronomiques, 4°, Paris; p. 54.).	56 22	15 47
1746.	LE MONNIER. (Le Monnier, Ins, 184.).	»	15 47,5
1750.	LE MONNIER; parallaxe par les plus grandes latitudes de la Lune. (Paris, H & M, 1763, 585.)	57 2	»
1751.	LA CAILLE; parallaxe par ses observations du Cap de Bonne-Espérance comparées à celles de *Lalande* à Berlin. (Paris, H & M, 1751, 435.)	57 14,8	»

	Parallaxe.	Demi-diamètre.
1752. J. J. de Lalande; parallaxe par ses observations de Berlin, comparées à celles de *La Caille* au Cap de Bonne-Espérance. (Paris, H & M, 1752, 78.)	57′ 5″	»
1752. T. Mayer. (Gotinga, Cll, II, 383, 159.)	57 11,4	15′ 44″,25
1761. La Caille. (Paris, H & M, 1761, 51.)	57 15,1	»
1761. Grischow; parallaxe par les observations du Cap de Bonne-Espérance et de Pétersbourg. (Pétropolis, NCi, VI, 495.).	57 7	»
1772. L. Euler. (Novae tabulae lunares; 8°, Petropoli, 1772.)	56 58,5	»
1782. Lagrange. (Berlin, Mém., 1782, 181. — Reproduit : Lagrange, Œu, V, 1870, 225.) . . .	57 10,3	»
1786. Dusejour, parallaxe par les observations de *La Caille* au Cap de Bonne-Espérance, comparées à celle d'Europe. (Dusejour, TaM, I, 567.)	57 11,5	»
1787. Köhler, avec un héliomètre de 9ᵖ. (BaJ, 1790, 158.).	»	15 42,8
1788. J. J. de Lalande; demi-diamètre à l'héliomètre. (Paris, H & M, 1788, 189.)	»	15 43
1798. Triesnecker. (BaJ, 1801, 191.)	»	15 42,92
1806. Bürg. (Tables de la Lune; 4°, Paris.)	57 1,0	15 53,60
1812. Burckhardt. (Tables de la Lune; 4°, Paris.). . .	57 0,5	15 31,95
1819. Ferrer; demi-diamètre par 8 éclipses et occultations. (CdT, 1817, 319.)	»	15 31,60
1822. G. Dollond; demi-diamètre par l'éclipse de Soleil de 1820. (London, MAS, I, 153.)	»	15 26,1
1822. W. Pearson; demi-diamètre par l'éclipse de Soleil de 1820. (London, MAS, I, 139.)	»	15 27,2
1822. Wisniewski; demi-diamètre d'après les occultations de α Tauri. (St. Pétersbourg, MAc, VIII, 146.)	»	15 32,4
1828. De Damoiseau; parallaxe par la théorie, en supposant la masse de la Lune $\frac{1}{75}$ de celle de la Terre. (Tables de la Lune; fol., Paris.)	57 0,80	15 32,64

	Parallaxe.	Demi-diamètre.
1827. C. L. Mathieu; parallaxe recalculée d'après les observations de *La Caille* et de *Lalande*. (*Delambre*, Histoire de l'Astronomie au XVIIIᵉ siècle, 4°, Paris; p. 606.).	57′ 4″,3	»
1831. Ferrer; demi-diamètre par les occultations. (London, MAS, IV, 355.)	»	15′ 32″,34
1832. Plana; parallaxe par la théorie, en supposant la masse de la Lune $\frac{1}{87}$ de celle de la Terre. (Théorie du mouvement de la Lune, 3 vol. 4°, Turin; t. I, 673.)	57 3,15	»
1837. Olufsen; parallaxe par les observations du XVIIIᵉ siècle. (ANn, XIV, 226.)	57 2,64	»
1838. T. Henderson; parallaxe par ses observations du Cap de Bonne-Espérance comparées à celles d'Europe. (London, MAS, X, 294.)	57 1,8	»
1842. Carlini; demi-diamètre par l'éclipse de Soleil du 8 juillet 1842. (Paris, ABL, 1846, 273.) . .	»	15 34,5
1846. De Pontécoulant; parallaxe par la théorie. (Théorie analytique du système du monde, 4 vol. 8°, Paris; t. IV, p. 596.).	57 1,26	»
1848. Airy; demi-diamètre par les observations de distance zénitale à Greenwich, de 1750 à 1830. (Reduction of the observations of the Moon made at the Royal Observatory, Greenwich, 2 vol. 4°, London; vol. I, 1848, p. lxij.).	»	15 36,91
1849. Wichmann; demi-diamètre par des mesures à l'héliomètre. (ANn, XXIX, 1, 12.).	»	15 33,31
1853. Adams; parallaxe par une nouvelle discussion du travail de *T. Henderson* cité plus haut, et en employant un calcul plus complet des inégalités. (London, MNt, XIII, 265. — Comparez : London, MNt, XL, 1880, 483.)	57 2,48	»
1857. Hansen. (Tables de la Lune, 4°, Londres; p. 4.)	56 59,57	»
1859. Oudemans; demi-diamètre par les éclipses, les occultations et les mesures héliométriques. (Amsterdam, Ver., X, 1.)	»	15 32,27

	Parallaxe.	Demi-diamètre.
1861. Airy; parallaxe par les observations de Greenwich depuis 1750. (London, MAS, XXIX, 20.) . .	57′ 2″,30	»
1864. Breen; parallaxe par les observations du Cap de Bonne-Espérance, comparées à celles de Greenwich, de Cambridge et d'Édimbourg. (London, MAS, XXXII, 157.)	57 2,70	»
1866. E. J. Stone; parallaxe par les observations du Cap de Bonne-Espérance comparées à celles de Greenwich (London, MAS, XXXIV, 16); demi-diamètre par les observations de Greenwich de 1857 à 1860 (Greenwich, Obs, 1864, app. I, [9].)	57 2,707	15′ 34″,08
1879. Pritchard; demi-diamètre par les photographies. (London, MN, XXXIX, 449.)	»	15 34,175
1880. Künstner; par neuf occultations des Pléiades de 1839 à 1876. (Nova acta der Akademie der Naturforscher, 4°, Halle; vol. XLI, p. 365, 355.)	57 2,79	15 32,851

Adelbulner avait cru trouver au disque de la Lune un allongement de 30″, dans le sens nord-sud (Commercium litterarium ad astronomiae incrementum, 2 vol. 4°, Norimbergae; vol. II, 1739, p. 81). Mais cette différence provenait d'une erreur : cet astronome déduisait à tort du temps du passage, l'augmentation du diamètre dépendant de la hauteur de l'astre.

Wichmann, au contraire, ne trouve pas de trace d'une différence entre le diamètre polaire et le diamètre équatorial, et conclut que le disque lunaire, tel que nous l'apercevons, est sensiblement circulaire (ANn, XXVII, 1848, 102).

Il y a aujourd'hui des tables, pour l'augmentation du demi-diamètre de la Lune, suivant la hauteur de l'astre. *Auzout* est le premier astronome qui, en 1666, ait songé à cette correction (Paris, His, I, 1733, 11). En 1759, *Lalande* a inséré dans la Connaissance des temps de 1760, une table intitulée :

2310. [Lalande, J. J. de]. Augmentation du diamètre de la Lune à divers degrés de hauteur. CdT, 1760, 128.

Cette table a servi de type à toutes celles du même genre qu'ont données depuis les éphémérides.

§ 214. MASSE.

Les différentes déterminations qui ont été faites de la masse de la Lune ne sont pas très-concordantes. Le tableau qui suit donnera une idée du degré d'incertitude qui, jusqu'à ces derniers temps, est resté sur ces éléments. La masse de la Lune y est rapportée à la somme des masses de la Terre et de la Lune, prise pour unité :

Valeurs attribuées à la masse de la Lune.

1687. Newton, par la marée. (Newtonus, PPm, lib. III, prop. XXXVIJ.)	1/[illegible]
1738. D$_1$. Bernoulli, par la marée. (Hydrodynamica; 4°, Argentorati.)	1/[illegible]
1755. D'Alembert, par les phénomènes de la précession et de la nutation. (Recherches sur différents points du système du monde, 3 vol. 4°, Paris; t. II, p. 182.).	1/[illegible]
1780. Lagrange, en supposant à la Lune la densité moyenne de la Terre. (Berlin, Mem$_1$, 1780, 274. — Reproduit : Lagrange, OEu, V, 1870, 76.)	1/[illegible]
1795. Delambre, par un grand nombre d'observations du Soleil, pour isoler l'inégalité lunaire. (CdT, an XV [1797], 366.)	1/[illegible]
1795. Laplace, par la nutation. (Ibid.).	1/[illegible]
1802. Wurm, par une moyenne entre la valeur déduite de l'effet lunaire dans la précession et celle qui dérive de la vitesse de circulation de la Lune. (MCz, V, 333.)	1/[illegible]
1804. Düne, par la parallaxe de la Lune. (MCz, X, 236.).	1/[illegible]
1806. Von Zach, d'après son coefficient de la nutation. (Tabulae speciales aberrationis, 2 vol. 4°, Gothae; t. I, introd.)	1/[illegible]
1815. Laplace, par les marées de Brest. (Paris, Mem$_2$, III, 1818, 1.).	1/[illegible]
1816. Von Lindenau, d'après son coefficient de la nutation. (ZfA, I, 65.).	1/[illegible]
1817. J. J. Littrow, par l'inégalité lunaire de la Terre. (BaJ, 1820, 164.).	1/[illegible]
1828. Bessel, par l'inégalité lunaire. (ANn, VI, 265.).	1/[illegible]
1828. Airy, par l'équation lunaire de la Terre. (London, PTr, 1828, 30.).	1/[illegible]
1832. Plana, par la précession et la nutation. (Théorie du mouvement de la Lune, 3 vol. 4°, Turin; t. III, p. 29.)	1/[illegible]
1832. Plana, par la nutation seule. (Op. cit., t. III, p. 34.)	1/[illegible]

1838. Henderson, par sa parallaxe de la Lune. (London, MAS, X, 294.). 1/[illegible]

1844. Hansen, par les perturbations de la Terre. (*Schumacher*, Sammlung von Hülfstafeln, neu herausgegeben, 8°, Altona, 1845; Taf. x.). 1/[illegible]

1845. C. A. F. Peters, par son chiffre de la nutation. (ANa, XXII, 54.). 1/[illegible]

1846. De Pontécoulant, par la théorie de la Lune. (Théorie analytique du système du monde, 4 vol. 8°, Paris; t. IV, p. 589.) . . . . . . 1/[illegible]

1849. Airy, par la parallaxe tirée des observations de Greenwich de 1750 à 1830. (London, MAS, XVII, 51.) . . . . 1/[illegible]

1858. Le Verrier, d'après la nutation. (Paris, MOb, IV, 103.) . . . . 1/[illegible]

1862. Lubbock, par les marées. (London, MAS, XXX, 29.) . . . . . . 1/[illegible]

1867. Newcomb, d'après l'inégalité parallactique de la Terre. (Washington, Obs$_3$, 1865, app. II, * 29.) . . . . 1/[illegible]

1867. E. J. Stone, en corrigeant le résultat de Le Verrier d'une inadvertance de calcul. (London, MNt, XXVII, 241.) . . . . 1/[illegible]

1867. Finlayson, par 4 ans de différences d'amplitude entre les marées de syzygies et celles de quadratures. (London, MNt, XXVII, 271.). 1/[illegible]

1868. E. J. Stone, d'après la précession et la nutation. (London, MNt, XXVIII, 45.) . . . . 1/[illegible]

1870. Von Asten, en comparant la gravité à la masse de ♁ + ☽ obtenue par les perturbations de la comète de Encke de 1819 à 1868. (St. Pétersbourg, Mém, XXVI, n° 2, 109.) . . . . 1/[illegible]

1864. Harkness, par les meilleures valeurs de la parallaxe de la Lune. (AJB$_3$, XXII, 386.) . . . . 1/[illegible]

§ 215. TACHES ET TERMINATEUR.

Un des traits frappants de l'aspect de la Lune, ce sont ses taches. On a fait deux hypothèses principales pour expliquer cette apparence. Les uns, avec *Cléarque* (*Plutarchus*, De facie in orbe Lunae [G], cap. 4), ont voulu y voir la réflexion d'objets externes, assimilant ainsi la Lune à un miroir. Dans les temps modernes, *Aguilon* (*Aguilonius*, Opticorum libri sex, fol., Antuerpiae, 1613; lib. v, prop. 56) imaginait encore que les détails du disque lunaire provenaient d'une réflexion des taches du Soleil.

D'autres, à l'exemple d'*Anaxagore* (*Plutarchus*, De placitis philosophorum [G], lib. II, cap. 30), y voyaient des caractères spécifiques, dépendant de la nature des substances. Cette explication par « des teintes propres » a été soutenue, à une époque

relativement récente, mais encore antérieure à l'invention du télescope, par *Reinhold* (*Reinholdus*, Purbacchii Theoricae novae planetarum.... illustratae scholiis, 8°, Vitembergae, 1542; édit de 1604, p. 164), *Cardan* (*Cardanus*, De subtilitate, fol., Norimbergae, 1550; lib. III. — Reproduit : *Cardanus*, Opera omnia; 10 vol. fol., Lugduni, 1663; au tom. III), *Benedetti* (Lettera... interno ad alcune nuove riprensioni ed emendationi, 4°, Torino, 1581; p. 229) et *Barozzi* (*Barocius*, Cosmographia in quatuor libros distributa, 8°, Venetiis, 1585; lib. IV).

Après l'invention du télescope, les opinions furent définitivement fixées. Avec *Galilée* (*Galileus*, Sydereus nuncius, 4°, Venetiis, 1610, p. 9. — Reproduit : Galilei, Ope, éd. 8° de Milan, t. IV, 1810, p. 310. Aussi : Galilei, Ope, éd. 8° de Florence, t. III, 1843, p. 65) et *Lagalla* (De phaenomenis in orbe Lunae, 4°, Venetiis, 1612; cap. 10. — Reproduit : Galilei, Ope, III, 1843; voir p. 317), on considéra les taches comme des qualités permanentes, des teintes propres, de la surface de l'astre. Les différentes parties de cette surface, dit *Hevelius* (Selenographia, fol., Gedani, 1647; p. 352), réfléchissent très-inégalement la lumière.

Non-seulement on apercevait, entre les différentes parties du disque, des inégalités d'éclat, mais aussi, comme *Galilée* le reconnut à la première inspection télescopique, des inégalités de niveau.

Ce grand astronome se convainquit de l'existence d'aspérités et de dépressions à la surface de la Lune, par les déchiquetures du terminateur (*Galileus*, Sydereus nuncius, p. 9. — Galilei, Ope, éd. 8° de Milan, IV, 1810, 310; éd. 8° de Florence, III, 1843, 65). Il mesura déjà la hauteur de quelques-unes de ces montagnes, par la plus grande distance du terminateur aux sommets éclairés (Syd. nunc., p. 25. — Ope, 8°, Milan, IV, 320; 8°, Florence, III, 69). Il trouva ainsi pour les principales élévations, $\frac{1}{16}$ du rayon de l'astre (loc. cit.). *Hevelius*, (Selenographia, p. 266) réduisit ce chiffre à $\frac{1}{13}$.

Au reste, l'existence des inégalités de la surface lunaire a encore été confirmée par certaines observations de la dentelure du limbe. Cette dentelure est peu sensible, à la vérité, parce qu'ici les montagnes se projettent sur les vallées. *Galilée* (Syd. nunc., p. 21. — Ope, 8°, Milan, IV, 1810, 318; 8°, Florence, III, 1843, 63) en a déjà fait la remarque, en comparant cet effet à celui que produit la superposition des vagues à l'horizon de la mer. Cependant, dans quelques éclipses de Soleil, la dentelure du limbe a pu être observée (Paris, H & M, 1765, 554; 1771, 44).

Le terminateur, ou limite entre l'ombre et la lumière, a servi à plusieurs recherches importantes.

La figure de cette ligne démontre à *Aristote* (De coelo, lib. II, cap. 11) que la Lune est un globe et non un disque.

Vers l'an — 275, *Aristarque* de Samos fit la remarque que la rectitude du terminateur, qui rend la Lune dichotome, ne doit pas coïncider exactement avec l'instant de la quadrature. La différence dépend des distances relatives de la Terre à la Lune

Il n'est pas aisé de démêler, dans les observations des anciennes éclipses, comparées aux tables modernes, les influences respectives du moyen mouvement en longitude, de l'accélération, et du mouvement du nœud.

Ainsi *Laplace* (CdT, 1800 [an VIII], 375) fixait le mouvement du nœud en 100 ans juliens à

$$-5^{c}\ 134^{\circ}\ 8'\ 28''.$$

Wurm (EfA, III, 1817, 41) le trouvait un peu moindre, ou seulement

$$-5^{c}\ 134^{\circ}\ 6'\ 24'',7,$$

en comparant les tables de *Bürg* aux éclipses du moyen âge et de *Ptolémée*.

A une époque plus récente, *Hanstein* (ANa, Erg, 1849, 52) a tiré de l'éclipse de 1030, observée en Scandinavie,

$$-5^{c}\ 134^{\circ}\ 8'\ 28'',5;$$

et *Zech* (ANa, XXXII, 1851, 211) a déduit de 19 éclipses rapportées dans l'Almageste de *Ptolémée*,

$$-5^{c}\ 134^{\circ}\ 8'\ 15'',$$

avec un mouvement en longitude moyenne, en 100 ans juliens, de

$$1336^{c}\ 307^{\circ}\ 53'\ 12''.$$

D'après *Newcomb* (Washington, Obs_3, 1875; app. II, p. 264, 274), les chiffres qui représentent le mieux, à la fois, les observations modernes, les éclipses arabes et les éclipses de l'antiquité, seraient, pour le nœud,

$$-5^{c}\ 134^{\circ}\ 9'\ 40'',8,$$

et pour le moyen mouvement,

$$1336^{c}\ 307^{\circ}\ 53'\ 20'',36.$$

Ces valeurs correspondent (loc. cit., p. 265) à une accélération séculaire de la longitude de 8″,8; mais le chiffre de cette accélération qui s'accorde le mieux avec les observations les plus anciennes, est 8″,3 (loc. cit., p. 268).

§ 215. PARALLAXE ET DEMI-DIAMÈTRE.

La première mesure de la parallaxe de la Lune fondée sur des observations vraiment scientifiques, est celle qu'*Hipparque* fit en l'an — 140, d'après la grandeur de l'éclipse de Soleil (Ptolemaeus, MCo, lib. v, cap. 11). Depuis lors, d'autres méthodes ont été employées à cette détermination. Parmi ces méthodes, on remarque les suivantes :

La mesure des hauteurs de la Lune, dans ses deux lunistices (Ptolemaeus, MCo, lib. v, cap. 13).

L'observation de la latitude de la Lune, dans le nonagésime, comparée à sa latitude calculée (*Albategnius*, De motu stellarum [A], cap. 40).

Les différences de déclinaison entre la *Lune* et une étoile, lorsque la Lune est à des hauteurs méridiennes très-inégales (*Santbech*, Problemata astronomica et geometrica, fol., Basileae, 1561; liber de observatione, prop. 15).

L'observation de l'instant où la Lune est dans le même vertical avec deux étoiles (*Digges*[*ius*], Alae seu scalae mathematicae; 4°, *Londini*, 1573). — Ce procédé revient à mesurer la parallaxe d'ascension droite, comme *Regiomontanus* l'avait proposé pour les comètes (*De Monteregio*, De cometae magnitudine longitudineque, ac de loco ejus vero; 4°, Norimbergae, 1531).

L'observation continue des hauteurs, pendant que l'astre décrit son arc diurne, en ayant soin de tenir compte de la réfraction (*Képler*, dans une lettre à *Magini*, datée de 1601, insérée dans : *Magini*, Supplementum ephemeridum ac tabularum secundorum mobilium, 4°, Venetiis, 1614; p. 253).

La différence entre la hauteur méridienne observée de la Lune et la hauteur calculée (Riccioius, Alm, 1651, I, 221).

Les occultations d'étoiles (*J. P. Maraldi*, dans : Paris, H & M, 1711, 303).

Les distances de la *Lune* au zénit, dans deux stations éloignées en latitude géographique (*J. W. Wagner*, dans : Berolinum, Mec, VI, 1740, 256).

La parallaxe horizontale de la lune est une quantité assez grande pour varier d'une manière sensible d'un lieu à un autre, suivant le rayon terrestre du point d'observation. *Newton* a, le premier, considéré cette parallaxe dans le sphéroïde aplati (Newtonus, PPm, 1687, liv. III, prop. xxviij, cor. 10); et *J. A. Euler* a proposé, inversement, de faire servir la parallaxe observée à la détermination du rapport entre les divers rayons terrestres (München, Abh_1, V, 1768, 197).

Il y a un tel rapport entre la parallaxe de la *Lune* et son demi-diamètre, que nous avons cru pouvoir réunir, dans un même tableau, les mesures de ces deux éléments.

Les déterminations modernes se rapportent à la constante de la parallaxe horizontale équatoriale, et à la constante du demi-diamètre.

La constante de la parallaxe est de 58″ moindre que la moyenne entre les parallaxes au périgée et à l'apogée (Lalande, Ast_3, II, 1792, 312).

Nous parlons ici de la parallaxe rapportée à l'argument de la longitude moyenne. Rapportée à l'argument de la longitude vraie, la constante de la parallaxe serait plus forte de 10",79 suivant *Plana* (Théorie du mouvement de la Lune; t. I, p. 645, 675); ou de 10",85 suivant *de Pontécoulant* (Théorie analytique du système du monde, t. IV, p. 597).

Valeurs attribuées aux constantes de la parallaxe et du demi-diamètre de la Lune.

		Parallaxe.	Demi-diamètre.
−140.	HIPPARQUE; parallaxe par les éclipses. (Ptolemaeus, MCo, lib. V, cap. 11.)	47′ 50″	•
−100 ∓	POSIDONIUS. (*Plinius*, Historia naturalis [L], lib. II, cap. 23.).	65 40	•
+150.	PTOLÉMÉE; parallaxe par les hauteurs dans les lunistices. (Ptolemaeus, MCo, lib. V, cap. 13, 5.)	58 42	16′ 40″
880.	ALBATEGNIUS. (De motu stellarum [A], cap. 30.)	•	16 12,5
1100 ∓	LES HINDOUX. (*Burgess*, Translation of the Sûrya Siddhânta, 8°, New Haven, 1860; ch. IV, p. 123.)	53 20	16 0
1252.	ALPHONSE. (*Alphonsus*, Coelestium motuum tabulae; 4°, Venetiis, 1483.)	59 21	•
1525.	COPERNIC. (Copernicus, Rev, 1543, lib. IV, cap. 21, 22.)	57 22,5	15 48
1602.	T. BRAHÉ. (Braheus, AIP, 1602, 115, 119, 154. — Reproduit: Brahe, Opa, 1648, 95, 97, 105.)	60 51	15 25
1622.	KÉPLER; demi-diamètre observé au télescope. (Keplerus, Epi, fasc. III, p. 861. — Reproduit: Keplerus, Ope, VI, 1866, 501.)	•	15 41
1622.	LONGOMONTANUS. (Astronomia danica, fol., Amstelodami; cap. 8, 9).	61 26	•
1627.	KÉPLER. (*Keplerus*, Tabulae rudolphinae, fol., Ulmae; p. 98.)	60 55	15 50
1632.	LANSBERGE. (Tabulae motuum coelestium perpetuae, 4°, Middelburgi; canones Lunae. — Reproduit dans ses Opera, fol., Middelburgi, 1663; tabul., p. 47.)	58 3	•
1644.	MUT. (Tractatus de Sole alphonsino; 4°, Majoricae.)	•	15 42,5
1644.	ARGOLI. (*Argolus*, Pandosium sphaericum; 4°, Patavii.).	61′ 17″	•
1645.	BOULLIAU. (Bullialdus, Aph, 1645, tab, 150, 153).	58 17	16′ 17,5
1647.	HEVELIUS. (Selenographia sive Lunae descriptio, fol., Gedani; p. 97.)	61 10	•
1650.	WENDELIN. (Communiqué dans: Riccioius, Alm, I, 1651, 226.)	57 18	•
1651.	RICCIOLI. (Ricciolus, Alm, I, 226.)	56 16	•
1666.	HUYGENS; demi-diamètre au micromètre à carreaux. (Paris, His, I, 1733, 44; VII, 1738, 115.)	•	15 42,5
1672.	HORROKS. (*Horroccius*, Astronomia Kepleriana, 4°, Londini. — Opera posthuma, p. 487.)	58 2	15 50
1680.	FLAMSTEED. (*Moore, J.*, A new system of the mathematicks, 2 vol. 4°, London, 1681; vol. II, lunar tables.)	58 2,5	•
1687.	NEWTON. (Newtonus, PPm, lib. III, prop. IV, theor. 4.)	57 30	•
1687.	LAHIRE. (Tabulae astronomicae, 2 part. 4°, Paris; part. I.)	56 51	15 45
1719.	HALLEY. (*Halleius*, Tabulae astronomicae, 4°, Londini, 1749; tab. lunar.)	57 18	•
1727.	J. W. WAGNER; parallaxe par la comparaison de ses observations à Berlin avec celle de *Kolb* au Cap de Bonne-Espérance; première tentative de déterminer la parallaxe de la Lune par des observations faites en deux stations éloignées (Berolinum, Mso, VI, 1740, 236)	67 55	•
1740.	J. CASSINI. (Tables astronomiques, 4°, Paris; p. 54.).	56 22	15 47
1746.	LE MONNIER. (Le Monnier, Ins, 184.).	•	15 47,5
1760.	LE MONNIER; parallaxe par les plus grandes latitudes de la Lune. (Paris, H & M, 1763, 535.)	57 2	•
1751.	LA CAILLE; parallaxe par ses observations du Cap de Bonne-Espérance comparées à celles de *Lalande* à Berlin. (Paris, H & M, 1751, 435.)	57 14,8	•

	Parallaxe.	Demi-diamètre.
1752. J. J. de Lalande; parallaxe par ses observations de Berlin, comparées à celles de *La Caille* au Cap de Bonne-Espérance. (Paris, H & M, 1752, 78.)	57′ 5″	•
1752. T. Mayer. (Gotinga, CB, II, 383, 159.) . . .	57 11,4	15′ 44″,25
1761. La Caille. (Paris, H & M, 1761, 34.)	57 15,1	•
1761. Grischow; parallaxe par les observations du Cap de Bonne-Espérance et de Pétersbourg. (Petropolis, NCi, VI, 495.).	57 7	•
1772. L. Euler. (Novae tabulae lunares; 8°, Petropoli, 1772.)	56 58,5	•
1782. Lagrange. (Berlin, Mem₁, 1782, 131, — Reproduit : Lagrange, OEu, V, 1870, 225.) . . .	57 10,5	•
1786. Duséjour, parallaxe par les observations de *La Caille* au Cap de Bonne-Espérance, comparées à celle d'Europe. (Duséjour, TaM, I, 547.)	57 11,5	•
1787. Köhler, avec un héliomètre de 9ᵐ. (BaJ, 1790, 153.).	•	15 42,8
1788. J. J. de Lalande; demi-diamètre à l'héliomètre. (Paris, H & M, 1788, 189.)	•	15 45
1798. Triesnecker. (BaJ, 1801, 191.)	•	15 42,92
1806. Bürg. (Tables de la Lune; 4°, Paris.)	57 1,0	15 53,00
1812. Burckhardt. (Tables de la Lune; 4°, Paris.). . .	57 0,5	15 51,96
1815. Ferrer; demi-diamètre par 8 éclipses et occultations. (CdT, 1817, 319.)	•	15 51,09
1822. G. Dollond; demi-diamètre par l'éclipse de Soleil de 1820. (London, MAS, I, 138.)	•	15 26,1
1822. W. Pearson; demi-diamètre par l'éclipse de Soleil de 1820. (London, MAS, I, 139.)	•	15 27,2
1822. Wisniewski; demi-diamètre d'après les occultations de α Tauri. (St. Pétersbourg, MAc, VIII, 146.)	•	15 32,4
1828. De Damoiseau; parallaxe par la théorie, en supposant la masse de la Lune $\frac{1}{72}$ de celle de la Terre. (Tables de la Lune; fol., Paris.)	57 0,89	15 32,64

§ 213. PARALLAXE
1827. C. L. Mathieu; parallaxe recalculée d'… servations de *La Caille* et de *Lala*… *bre*, Histoire de l'Astronomie au X… 4°, Paris; p. 606.). . . . .
1831. Ferrer; demi-diamètre par les occult… don, MAS, IV, 334.) . . . . .
1832. Plana; parallaxe par la théorie, en … masse de la *Lune* 1/?? de celle … (Théorie du mouvement de la Lun… Turin; t. I, 675.) . . . . .
1837. Olufsen; parallaxe par les obser… XVIIIᵉ siècle. (ANn, XIV, 226.) .
1838. T. Henderson; parallaxe par ses obse… Cap de Bonne-Espérance compar… d'Europe. (London, MAS, X, 294.)
1842. Carlini; demi-diamètre par l'éclipse d… 8 juillet 1842. (Paris, ABL, 1846,
1846. De Pontécoulant; parallaxe par la théo… rie analytique du système du mond… Paris; t. IV, p. 596.). . . . .
1848. Airy; demi-diamètre par les observati… tance zénitale à Greenwich, de 17… (Reduction of the observations of the… at the Royal Observatory, Greenwic… London; vol. I, 1848, p. lxij.). .
1849. Wichmann; demi-diamètre par des mes… liomètre. (ANn, XXIX, 1, 12.). .
1853. Adams; parallaxe par une nouvelle dis… travail de *T. Henderson* cité plus … employant un calcul plus complet des … (London, MNt, XIII, 263. — C… London, MNt, XL, 1880, 483.) .
1857. Hansen. (Tables de la Lune, 4°, Lond…
1859. Oudemans; demi-diamètre par les écl… occultations et les mesures hélio… (Amsterdam, Ver₁, X, 1.) . . .

	Parallaxe.	Demi-diamètre.
1801. Airy; parallaxe par les observations de Greenwich depuis 1750. (London, MAS, XXIX, 20.) . .	57′ 5″,89	»
1864. Breen; parallaxe par les observations du Cap de Bonne-Espérance, comparées à celles de Greenwich, de Cambridge et d'Édimbourg. (London, MAS, XXXII, 157.)	57 2,70	»
1866. E. J. Stone; parallaxe par les observations du Cap de Bonne-Espérance comparées à celles de Greenwich (London, MAS, XXXIV, 16); demi-diamètre par les observations de Greenwich de 1857 à 1860 (Greenwich, Obs, 1864, app. I, [9].)	57 2,707	15′ 34″,08
1879. Pritchard; demi-diamètre par les photographies. (London, MNt, XXXIX, 449.)	»	15 34,175
1880. Küstner; par neuf occultations des Pléiades de 1839 à 1876. (Nova acta der Akademie der Naturforscher, 4°, Halle; vol. XLI, p. 303, 355.)	57 2,79	15 32,851

Adelbulner avait cru trouver au disque de la Lune un allongement de 30″, dans le sens nord-sud (Commercium litterarium ad astronomiae incrementum, 2 vol. 4°, Norimbergae; vol. II, 1759, p. 81). Mais cette différence provenait d'une erreur : cet astronome déduisait à tort du temps du passage, l'augmentation du diamètre dépendant de la hauteur de l'astre.

Wichmann, au contraire, ne trouve pas de trace d'une différence entre le diamètre polaire et le diamètre équatorial, et conclut que le disque lunaire, tel que nous l'apercevons, est sensiblement circulaire (ANa, XXVII, 1848, 102).

Il y a aujourd'hui des tables, pour l'augmentation du demi-diamètre de la Lune, suivant la hauteur de l'astre. *Auzout* est le premier astronome qui, en 1666, ait songé à cette correction (Paris, His, I, 1733, 11). En 1759, *Lalande* a inséré dans la Connaissance des temps de 1760, une table intitulée :

2310. [Lalande, J. J. de]. Augmentation du diamètre de la Lune à divers degrés de hauteur. CdT, 1760, 128.

Cette table a servi de type à toutes celles du même genre qu'ont données depuis les éphémérides.

§ 214. MASSE.

Les différentes déterminations qui ont été faites de la masse de la Lune ne sont pas très-concordantes. Le tableau qui suit donnera une idée du degré d'incertitude qui, jusqu'à ces derniers temps, est resté sur ces éléments. La masse de la Lune y est rapportée à la somme des masses de la Terre et de la Lune, prise pour unité :

Valeurs attribuées à la masse de la Lune.

1687. Newton, par la marée. (Newtonus, PPm, lib. III, prop. XXXVIJ.)	1/[illegible]
1738. D. Bernoulli, par la marée. (Hydrodynamica; 4°, Argentorati.)	1/[illegible]
1755. D'Alembert, par les phénomènes de la précession et de la nutation. (Recherches sur différents points du système du monde, 3 vol. 4°, Paris; t. II, p. 182.).	1/[illegible]
1780. Lagrange, en supposant à la Lune la densité moyenne de la Terre. (Berlin, Mem_1, 1780, 274. — Reproduit : Lagrange, OEu, V, 1870, 76.)	1/[illegible]
1795. Delambre, par un grand nombre d'observations du Soleil, pour isoler l'inégalité lunaire. (CdT, an XV [1797], 366.)	1/[illegible]
1795. Laplace, par la nutation. (Ibid.).	1/71
1802. Wurm, par une moyenne entre la valeur déduite de l'effet lunaire dans la précession et celle qui dérive de la vitesse de circulation de la Lune. (MCz, V, 333.)	1/[illegible]
1804. Bürg, par la parallaxe de la Lune. (MCz, X, 256.).	1/70,5
1806. Von Zach, d'après son coefficient de la nutation. (Tabulae speciales aberrationis, 2 vol. 4°, Gothae; t. I, introd.)	1/[illegible]
1815. Laplace, par les marées de Brest. (Paris, Mem_2, III, 1818, 1.).	1/[illegible]
1816. Von Lindenau, d'après son coefficient de la nutation. (ZfA, I, 65.).	1/[illegible]
1817. J. J. Littrow, par l'inégalité lunaire de la Terre. (BaJ, 1820, 164.).	1/[illegible]
1828. Bessel, par l'inégalité lunaire. (ANa, VI, 265.).	1/[illegible]
1828. Airy, par l'équation lunaire de la Terre. (London, PTr, 1828, 30.).	1/[illegible]
1832. Plana, par la précession et la nutation. (Théorie du mouvement de la Lune, 3 vol. 4°, Turin; t. III, p. 29.)	1/[illegible]
1832. Plana, par la nutation seule. (Op. cit., t. III, p. 54.)	1/[illegible]

1838. Henderson, par sa parallaxe de la Lune. (London, MAS, X, 294.). $\frac{1}{[illegible]}$

1844. Hansen, par les perturbations de la Terre. (*Schumacher*, Sammlung von Hülfstafeln, neu herausgegeben, 8°, Altona, 1845; Taf. x.). $\frac{1}{[illegible]}$

1845. C. A. F. Peters, par son chiffre de la nutation. (ANn, XXII, 34.). $\frac{1}{[illegible]}$

1846. De Pontécoulant, par la théorie de la Lune. (Théorie analytique du système du monde, 4 vol. 8°, Paris; t. IV, p. 589.) . . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1849. Airy, par la parallaxe tirée des observations de Greenwich de 1750 à 1850. (London, MAS, XVII, 51.) . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1858. Le Verrier, d'après la nutation. (Paris, MOb, IV, 105.) . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1862. Lubbock, par les marées. (London, MAS, XXX, 29.) . . . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1867. Newcomb, d'après l'inégalité parallactique de la Terre. (Washington, Obs_3, 1865, app. II, * 29.) . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1867. E. J. Stone, en corrigeant le résultat de *Le Verrier* d'une inadvertance de calcul. (London, MNt, XXVII, 241.) . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1867. Finlayson, par 4 ans de différences d'amplitude entre les marées de syzygies et celles de quadratures. (London, MNt, XXVII, 271.). $\frac{1}{[illegible]}$

1868. E. J. Stone, d'après la précession et la nutation. (London, MNt, XXVIII, 45.) . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1872. Von Asten, en comparant la gravité à la masse de ♁ + ☽ obtenue par les perturbations de la comète de Encke de 1819 à 1868. (St. Pétersbourg, Mém, XXVI, n° 2, 109.) . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

1881. Harkness, par les meilleures valeurs de la parallaxe de la Lune. (AJB_3, XXII, 356.) . . . . $\frac{1}{[illegible]}$

§ 215. TACHES ET TERMINATEUR.

Un des traits frappants de l'aspect de la Lune, ce sont ses taches. On a fait deux hypothèses principales pour expliquer cette apparence. Les uns, avec *Cléarque* (*Plutarchus*, De facie in orbe Lunae [G], cap. 4), ont voulu y voir la réflexion d'objets externes, assimilant ainsi la Lune à un miroir. Dans les temps modernes, *Aguilon* (*Aguilonius*, Opticorum libri sex, fol., Antuerpiae, 1613; lib. v, prop. 56) imaginait encore que les détails du disque lunaire provenaient d'une réflexion des taches du Soleil.

D'autres, à l'exemple d'*Anaxagore* (*Plutarchus*, De placitis philosophorum [G], lib. II, cap. 30), y voyaient des caractères spécifiques, dépendant de la nature des substances. Cette explication par « des teintes propres » a été soutenue, à une époque

relativement récente, mais encore antérieure à l'invention du télescope, par *Reinhold* (*Reinholdus*, Purbacchii Theoricae novae planetarum.... illustratae scholiis, 8°, Vitembergae, 1542; édit de 1604, p. 164), *Cardan* (*Cardanus*, De subtilitate, fol., Norimbergae, 1550; lib. III. — Reproduit : *Cardanus*, Opera omnia; 10 vol. fol., Lugduni, 1663; au tom. III), *Benedetti* (Lettera... intorno ad alcune nuove riprensioni ed emendationi, 4°, Torino, 1581; p. 220) et *Barozzi* (*Barocius*, Cosmographia in quatuor libros distributa, 8°, Venetiis, 1585; lib. IV).

Après l'invention du télescope, les opinions furent définitivement fixées. Avec *Galilée* (*Galileus*, Sydereus nuncius, 4°, Venetiis, 1610, p. 9. — Reproduit : Galilei, Ope, éd. 8° de Milan, t. IV, 1810, p. 310. Aussi : Galilei, Ope, éd. 8° de Florence, t. III, 1843, p. 65) et *Lagalla* (De phaenomenis in orbe Lunae, 4°, Venetiis, 1612; cap. 10. — Reproduit : Galilei, Ope, III, 1843; voir p. 317), on considéra les taches comme des qualités permanentes, des teintes propres, de la surface de l'astre. Les différentes parties de cette surface, dit *Hevelius* (Selenographia, fol., Gedani, 1647; p. 352), réfléchissent très-inégalement la lumière.

Non-seulement on apercevait, entre les différentes parties du disque, des inégalités d'éclat, mais aussi, comme *Galilée* le reconnut à la première inspection télescopique, des inégalités de niveau.

Ce grand astronome se convainquit de l'existence d'aspérités et de dépressions à la surface de la Lune, par les déchiquetures du terminateur (*Galileus*, Sydereus nuncius, p. 9. — Galilei, Ope, éd. 8° de Milan, IV, 1810, 310; éd. 8° de Florence, III, 1843, 65). Il mesura déjà la hauteur de quelques-unes de ces montagnes, par la plus grande distance du terminateur aux sommets éclairés (Syd. nunc., p. 25. — Ope, 8°, Milan, IV, 329; 8°, Florence, III, 69). Il trouva ainsi pour les principales élévations, $\frac{1}{16}$ du rayon de l'astre (loc. cit.). *Hevelius*, (Selenographia, p. 266) réduisit ce chiffre à $\frac{1}{13}$.

Au reste, l'existence des inégalités de la surface lunaire a encore été confirmée par certaines observations de la dentelure du limbe. Cette dentelure est peu sensible, à la vérité, parce qu'ici les montagnes se projettent sur les vallées. *Galilée* (Syd. nunc., p. 21. — Ope, 8°, Milan, IV, 1810, 318; 8°, Florence, III, 1843, 63) en a déjà fait la remarque, en comparant cet effet à celui que produit la superposition des vagues à l'horizon de la mer. Cependant, dans quelques éclipses de Soleil, la dentelure du limbe a pu être observée (Paris, H & M, 1765, 354; 1774, 46).

Le terminateur, ou limite entre l'ombre et la lumière, a servi à plusieurs recherches importantes.

La figure de cette ligne démontre à *Aristote* (De coelo, lib. II, cap. 11) que la *Lune* est un globe et non un disque.

Vers l'an — 275, *Aristarque* de Samos fit la remarque que la rectitude du terminateur, qui rend la *Lune* dichotome, ne doit pas coïncider exactement avec l'instant de la quadrature. La différence dépend des distances relatives de la Terre à la Lune

et au Soleil. La dichotomie précède la première quadrature, lorsque la Lune a encore un petit angle à parcourir dans son orbite, avant d'atteindre cette quadrature. Dans le décours, la différence est en sens inverse.

Toutefois cette quantité est fort difficile à déterminer par l'observation. Voici les tentatives qui ont été faites à ce sujet.

Valeurs attribuées à la différence angulaire entre la dichotomie et la quadrature.

—275 ∓	ARISTARQUE. (*Aristarchus Samius*, De magnitudinibus et distantiis Solis et Lunae, 4°, Pisauri, 1572; prop. VII. — Reproduit : *Wallis*, Opera mathematica, 3 vol. fol., Oxoniae; vol. III, 1699, p. 581.)	3°	0'
1550 ∓	REINHOLD. (Cité par *Hooke*, Micrographia, fol., Londini, 1667; p. 238.)	3	0
1646.	KIRCHER. (Ars magna lucis et umbrae, fol., Romae; lib. IX, p. 751.)	3	0
1650.	WENDELIN, par des observations à Majorque, communiquées à *Riccioli*. (Ricciolus, Alm, I, 1651, 751.)	0	14½
1651.	RICCIOLI. (Ricciolus, Alm, I, 751.)	0	30
1771.	J.-J. DE LALANDE. (Lalande, Ast_2, II, n° 1724, p. 405.) . . .	0	15

Afin de se reconnaître dans les nombreuses taches de la Lune, il fallait une nomenclature. Le premier astronome qui s'occupa de ce désideratum fut *Van Langren*, dont nous citerons tout à l'heure la carte (voir sous le n° 2329). Il apposa sur cette carte, qui est de 1645, des noms qui n'ont pas été adoptés (Comparez *A. Quetelet*, dans Bruxelles, Bul_1, XIX, III, 1852, 497; voir les lettres de *Van Langren*, citées aux p. 500 et 501).

La raison en fut qu'*Hevelius* publia presque simultanément un travail beaucoup plus considérable, entrepris depuis longtemps et accompagné d'un texte fort étendu, dans lequel il proposait une nomenclature complète. Le tableau des noms qu'il imposa aux diverses taches de la Lune occupe les pages 228 à 233 de sa Selenographia (voir plus loin, n° 2311).

Ces noms, empruntés à la géographie tant ancienne que moderne, n'ont pourtant pas non plus prévalu : ils ont fait place à ceux de *F. M. Grimaldi* et *Riccioli*, qui ont substitué à la plupart des dénominations d'*Hevelius* les noms d'astronomes célèbres ou de protecteurs de l'astronomie (Ricciolus, Alm, I, 1651, 204).

La correspondance entre ces deux nomenclatures est présentée dans : *Berliner Akademie*, Sammlung astronomischer Tafeln, 3 vol. 8°, Berlin; vol. I, 1776, p. 17.

Un semblable tableau se trouve également dans chaque volume annuel des EpV. La concordance des nomenclatures d'*Hevelius* et de *Riccioli* est aussi établie aux pages 29 à 36 de l'ouvrage Der Mond, de *Beer* & *Mädler* (voir plus bas, n° 2317). Dans cet ouvrage, les descriptions de taches sont presque toujours renseignées par la double désignation.

§ 216. DESCRIPTIONS TOPOGRAPHIQUES.

La première description systématique de la surface de la Lune a été donnée par

2311. Hevelius, J. Selenographia, sive Lunae descriptio, atque accurata tam macularum ejus, quam motuum diversorum, aliarumque omnium vicissitudinum phasiumque telescopii ope deprehensarum, delineatio; fol., Gedani, 1647.

Ce qui concerne proprement l'étude topographique de la Lune est contenu dans les chapitres VIII à LIV de ce grand ouvrage, p. 204-438. L'auteur suit l'astre pendant une lunaison, présentant jour par jour, ou même à des intervalles plus courts encore, une description détaillée, accompagnée chaque fois d'une figure très-bien gravée de 0m,16 de diamètre. Ces dessins de détails lui ont servi à tracer la carte générale dont nous parlerons au § suivant.

2312. Schroeter, J. H. Selenotopographische Fragmente zur genauern Kenntniss der Mondfläche, ihrer erlittenen Veränderungen und Atmosphäre; 3 vol. 4°, dont 2 de texte et 1 atlas, Göttingen, 1791-1802.

Des planches de l'atlas, 43 se rapportent au vol. I du texte et 32 au vol. II. Voici quelles sont les grandes divisions de cet ouvrage : Vol. I, 1] Généralités, touchant la révolution et la rotation de la Lune, la libration, le terminateur, la lumière cendrée, les effets de lumière et d'ombre, les méthodes d'observation de l'auteur (p. 25); 2] Observations et descriptions des localités de la Lune où l'on remarque des changements d'aspect (p. 143); 3] Changements accidentels et apparences très-remarquables, arrivés dans plusieurs parties de la Lune décrites précédemment (p. 412); 4] Fulgurations et phénomènes lumineux remarquables, observés dans la partie obscure du disque (p. 522); 5] Constitution physique et atmosphère de la Lune (p. 396). — Vol. II, 1] Description de taches remarquables dans l'hémisphère sud de la Lune (p. 1); 2] Description de taches remarquables dans l'hémisphère nord (p. 145); 3] Revue des descriptions données dans le premier volume (p. 238); 4] Nouvelles observations et remarques sur la nature de la Lune et sur son atmosphère (p. 355).

2313. Herschel, W. Astronomical observations relating to the mountains of the Moon. London, PTr, 1780, 507.

2514. Gruithuisen, F. v. P. Selenognostische Fragmente. Nova acta Academiae naturae curiosorum; Verhandlungen der Deutschen Akademie der Naturforscher, 4°, Bonn; vol. X, 1821, p. 635; vol. XI, 1823, p. 583.

Il faut y joindre :

2515. Gruithuisen, F. v. P. Tagebuch der Mondbeobachtungen.

Ce journal, resté longtemps inédit, est publié par parties dans le WfA, à commencer du vol. XXII, 1879, p. 41. Au moment actuel [avril 1882] cette publication n'est pas terminée et se continue dans le vol. XXV de la revue précitée.

2516. Lohrmann, W. G. Topographie der sichtbaren Mondoberfläche, erste Abtheilung; 4°, Leipzig, 1824.

Cette partie est la seule qui ait paru; elle se rapporte à une portion de la région centrale du disque.

2517. Beer, W. & Mädler, J. H. Der Mond nach seinen kosmischen und individuellen Verhältnissen oder allgemeine vergleichende Selenographie; 4°, Berlin, 1837.

Cet ouvrage est divisé en deux parties, une sélénographie mathématique et physique (p. 1), et une description topographique de la partie visible de la Lune (p. 191). Cette description est fort détaillée et fort exacte.

2518. Webb, T. W. The Moon.

Dans ses Celestial objects for common telescopes, 16°, London, 1867; 3e édit., 1873, p. 57-129; 4e édit., 1881, p. 62-140.

2519. Birt, W. R. A catalogue of lunar objects, with notes and illustrations; 4°, London, 1872.

2520. Birt, W. R. Selections from the portfolios of the editor of the lunar map and catalogue; 2 cah. 4°, London, 1873-1874.

2521. Nasmyth, J. & Carpenter. J. The Moon considered as a planet, a world, and a satellite; 2e édit., 4°, London, 1874.

Traduction.

Der Mond als Planet, Welt und Trabant (par *H. J. Klein*); 4°, Leipzig, 1876.

Cet ouvrage est accompagné de vingt planches, destinées à figurer les localités les plus remarquables de la Lune.

2522. Neison, E. The Moon and the condition and configurations of its surface; 8°, London, 1876.

Ouvrage considérable et fort complet.

2523. Schmidt, J. F. J. Erläuterungsband der Charte der Gebirge des Mondes; 4°, Berlin, 1878.

2524. Klein, H. J. Anleitung zur Durchmusterung des Himmels; 8°, Braunschweig, 1880.

Cet ouvrage contient, p. 158-240, des descriptions topographiques des taches les plus intéressantes, accompagnées de quelques figures.

Voici l'indication des ouvrages où l'on trouvera des listes de taches de la Lune, avec les coordonnées sélénocentriques de ces taches.

T. Mayer, Opera inedita, 4°, Gotingae; t. I [le seul paru], 1775, p. 108. — Ces déterminations remontent à 1750.

J. H. Lambert, dans BaJ, 1776, 151. — Reproduit dans *Berliner Akademie*, Sammlung astronomischer Tafeln, 3 vol. 8°, Berlin; vol. I, 1776, p. 17. — Cette liste est dressée dans l'ordre où les taches s'illuminent successivement.

Lohrmann, Mondcharte herausgegeben von J. Schmidt, 4°, Leipzig, 1878, p. 56. — Ce travail, publié tardivement, remonte à 1821-1824.

W. Beer & Mädler, Der mond, 4°, Berlin, 1837; p. 99. — Dans cette table, les longitudes et latitudes des taches sont accompagnées des altitudes. — Comparez : AN. XIV, 1837, 189.

Nasmyth & Carpenter, The Moon, 2e éd., 4°, London, 1874, p. 69.

Neison, The Moon, 8°, London, 1876; p. 565. — Voyez aussi sa note intitulée : Catalogue of points on the Moon's surface whose position has been recently determined by micrometrical measures; dans : London, MNt, XXXVI, 1876, 17.

J. Schmidt, Erläuterungsband der Charte der Gebirge des Mondes, 4°, Berlin, 1878; p. 7. — Les mesures de hauteurs sont p. 15. Voyez aussi p. 121-304 la description [Beschreibung der Tafeln].

On trouvera l'indication tache par tache des descriptions de localités lunaires, publiées par les divers sélénographes, dans *Houzeau & Lancaster*, Bibliographie générale de l'Astronomie, vol. II, 8°, Bruxelles, 1882; p. 1253-1517 et 1729-1731. Lorsqu'une description est accompagnée de dessins ou de diagrammes, ceux-ci sont indiqués dans cette liste, par un signe particulier.

§ 217. DESSINS ET CARTES.

On n'avait d'abord songé qu'à des dessins généraux. La première représentation de la Lune qui ait été publiée, était annexée à l'ouvrage :

2325. Lagalla, G. C. De phaenomenis in orbe Lunae novi telescopii usu a Galileo nunc iterum suscitatis physica disputatio; 4°, Venetiis, 1612.

Cette dissertation est aujourd'hui d'une rareté extrême. Le texte a été réimprimé dans : Galilei, Opp, III, 1845, 245, mais sans le dessin de *Lagalla*.

Comme second essai, vint en 1614 un croquis joint à l'ouvrage :

2326. Scheiner, C. Disquisitiones mathematicae de controversiis et novitatibus astronomicis; 4°, Ingolstadii, 1614.

Ce livre est également d'une grande rareté.

En 1634, à la demande de *Peiresc*, *Salvat* entreprit la gravure des phases, d'après un plan plus développé. Ces dessins furent bientôt continués et menés à bonne fin par *Mellan* (*Gassendus*, De vita Peireskij, 4°, Parisiis, 1641; lib. v. — Reproduit : Gassendus, Opp, V, 1658, 322; V, 1727, 280). Ils ont été publiés sous le titre :

2327. Mellan, C. Phasium Lunae icones, quas annis salutis 1634 et 1635 pingebat ac sculpebat Aquis Sextiis C. Mellan, gallus, praesentibus ac flagitantibus illustribus viris Gassendo et Peyreschio; 4°, s. l. n. d.

Ces figures sont fort bonnes et sont demeurées en réputation jusqu'à la fin du siècle dernier. Mais elles sont d'une rareté extrême.

2328. Rheita, A. M. S. de. Oculus Enoch et Eliae sive radius sidereomysticus; fol., Antuerpiae, 1645.

A la fin de la première partie de cet ouvrage se trouve une image de la Lune pleine, de $0^m,185$ de diamètre.

2329. Langrenus [van Langren], F. Selenographia sive lumina austriaca philippica; Bruxellis, 1645.

Nous avons déjà parlé, au § 215, de ce dessin, également fort rare. Ce fut le premier dans lequel des noms conventionnels furent proposés pour les taches de la Lune.

2330. Hevelius, J. Selenographia sive Lunae descriptio, fol., Gedani, 1647.

Nous avons mentionné, au § précédent, cet ouvrage considérable. On y trouve, entre les p. 222 et 223, ainsi qu'entre les p. 262 et 263, deux dessins de la Lune de $0^m,27$ de diamètre, augmentés de la bordure du second hémisphère qui se découvre par la libration. Il y a p. 226 un autre dessin de même dimension, explicatif de la nomenclature de l'auteur; enfin on trouve, dans le texte, 40 dessins de la Lune aux différents progrès de ses phases, ayant chacun $0^m,16$ de diamètre. Tous ces dessins sont gravés par *Hevelius*, et d'une exécution remarquable.

Riccioius, Alm, I, 1651, 204.

Dessin de la pleine Lune, de $0^m,28$ de diamètre, servant d'explication à sa nomenclature.

2331. Kircher, A. Iconismus III. Dans son ouvrage : Iter exstaticum coeleste, 4°, Herbipoli, 1671; p. 64.

Dessin de la Lune pleine, peu détaillé, qui mesure seulement $0^m,135$ de diamètre.

2332. Cassini, J. D. Carte de la Lune [1680]. Formant la pl. VI annexée à Paris, Mis, X, 1730, 129.

Cette gravure n'était qu'une réduction. La carte elle-même, occupant un disque de $0^m,27$ de diamètre, a été publiée par *Lalande*, à Paris, en 1787. Elle était tracée d'après une grande esquisse de $3^m,9$ de diamètre.

2333. Mayer, T. Opera inedita. 4°, Gotingae, 1775; en frontispice.

Planche gravée sur cuivre, de $0^m,195$ de diamètre, représentant la *Lune pleine*.

2334. Gruithuisen, F. v. P. Allgemeine Mondcharte.

Une feuille gravée sur pierre, annexée à ses Selenognostische Fragmente (voir plus haut, n° 2314), ainsi qu'au BaJ, 1825, 200.

2335. Lohrmann, W. G. Mondcharte in 25 Sectionen, herausgegeben von *J. Schmidt*; 4°, Leipzig, 1878.

De ces 25 feuilles, 4 avaient paru en première édition, avec la Topographie der sichtbaren Mondoberfläche de l'auteur, 4° et atlas, Dresden und Leipzig, 1824. Puis *Lohrmann* avait donné, en 1838, à Dresde, une réduction de sa carte, ramenée à $0^m,40$ de diamètre, sous le titre de Mondcharte. C'est une excellente production. Enfin, au bout d'un demi-siècle, ce grand travail a vu le jour dans son état original. Les différentes sections assemblées formeraient un disque de $0^m,97$ de diamètre.

2336. Beer, W. & Mädler, J. H. Mappa Selenographica totam Lunae hemisphaeram visibilem complectens; 4 feuilles, Berolini, 1837.

Les quatre feuilles s'assemblent pour former le disque entier, qui a $0^m,95$ de diamètre. Une seconde édition, retouchée par *Mädler*, a été donnée en 1877. Il y a, en outre, une réduction à $0^m,32$ de diamètre, par *Mädler*, sous le titre : General-Karte der sichtbaren Seite der Mondoberfläche; Berlin, 1837. Enfin *Birt* en a donné une autre réduction, revisée, dans ses Selections (voir plus haut, n° 2330), cah. 1, 1873, p. 5.

2337. Neison, E. Lunar map. Dans son ouvrage intitulé The Moon, 8°, London, 1876.

Cette carte se compose de 22 sections, auxquelles est joint un tableau d'assemblage. Les 22 sections forment ensemble un disque de $0^m,61$ de diamètre.

2338. Schmidt, J. F. J. Charte der Gebirge des Mondes nach eigenen Beobachtungen in den Jahren 1840-1874; Berlin, 1878.

Cette carte est accompagnée d'un Erläuterungsband, 4°, Berlin, 1878, qui contient une description topographique de la Lune (voir plus haut, n° 2323). Elle a $2^m,0$ de diamètre. L'auteur y a travaillé pendant 34 ans. (London, MNt, XXXVI, 1876, 299).

La carte lunaire la plus détaillée serait la « Lunar map », projetée un instant par l'Association Britannique, sous l'inspiration de *Birt* (Report of the Lunar Committee for mapping the surface of the Moon; dans British Assoc, Rep, 1865, 294). Le disque, de 200 pouces ou $5^m,0$ de diamètre, était divisé d'abord en quatre quadrants, marqués I-IV, chaque quadrant en 13 areas désignées par les lettres A-M, et chaque area en 25 sections dénommées d'après les lettres de l'alphabet grec. Dans chaque section, les objets individuels devaient être désignés par des numéros.

Des 1300 sections que comprendrait cette vaste entreprise, quatre seulement ont paru, savoir ;

IV A α, IV A ζ } dans British Assoc, Rep, 1866, 214. — Complété : ibid., 1867, 1.

IV A ε Ibid., 1868, 1.

IV A ψ, publiée par souscription, sous le titre : *Birt, W. R.*, Outline lunar map, zone IV, area Aψ; 4°, London, 1870.

Ces quatre sections contiennent 457 objets lunaires décrits individuellement, et susceptibles d'identification.

Cette entreprise, déjà interrompue depuis quelque temps, se trouve indéfiniment suspendue par la mort récente de *Birt*.

Lorsqu'il s'agit simplement de la recherche des objets lunaires, on peut se servir des cartes ci-dessous :

2339. Webb, W. T. Index map of the Moon.

Dans son ouvrage : Celestial objects for common telescopes, 8°, London, 1867, et dans les éditions subséquentes. Diamètre $0^m,30$.

2340. [Falb, R]. Der Mond. Sirius, Zeitschrift für populäre Astronomie, 8°, Leipzig; vol V, 1872, p. 2.

Carte générale.

2341. Nasmyth, J. & Carpenter, J. Skeleton map of the Moon.

Planche V, p. 69 de leur ouvrage The Moon, 1874, cité plus haut (voir n° 2321). Ce croquis est précédé, pl. IV, p. 68, d'une « picture map of the Moon. » La combinaison de ces deux cartes permet d'identifier facilement les principales taches.

2342. Richards, W. J. B. & Birt, W. R. Lessons in selenography. AEr, XVIII, 1880, 70...

Cette instruction pour l'étude de la sélénographie est précédée (p. 53) d'un croquis de la Lune de $0^m,12$ de diamètre, servant d'index pour l'identification des taches.

Enfin, pour les écoles en général, on trouvera dans les publications suivantes, des images un peu forcées, mais caractéristiques :

2343. Grimm, —. Mondkarte.

Dans son Atlas der Astrophysik, fol., Lahr, [1881]; n°s 1-4. Diamètre $0^m,19$; il y a une carte générale, la pleine Lune, le quartier croissant, et le quartier du décours.

2344. Harrison, H. Telescopic pictures of the Moon, reproduced in colored lithographs; plano, New York, 1882.

Dimensions : $0^m,60$ de diamètre. Cette publication, qui doit représenter la Lune, pour l'usage des écoles, sous 6 aspects différents des phases, n'est pas encore terminée. Elle est accompagnée d'un manuel descriptif du même auteur, intitulé : A handbook describing objects in the « telescopic pictures of the Moon; » 8°, New York, 1880.

Indépendamment des cartes de la Lune, on a aussi préparé des globes représentant notre satellite. Le premier essai de ce genre fut sans doute celui que fit exécuter, au milieu du siècle dernier, la Société cosmographique de Nuremberg, et dont *T. Mayer* a rendu compte, dans la publication qui a pour titre :

2345. Mayer, T. Bericht von den Mondkugeln welche bei der Kosmographischen Gesellschaft in Nürnberg gefertigt werden; 4° Nürnberg, 1750.

Un peu plus tard, on vit paraître en Angleterre, un globe lunaire, gravé par fuseaux, qui pouvait par conséquent être reproduit, et qui fut mis dans le commerce :

2346. Russell, J, Lunar globe; London, 1797.

Diamètre : 0m, 30. Ce globe est monté sur un pied qui permet de tenir compte de la libration, tant en longitude qu'en latitude. Il est accompagné de : A description of the selenographia, an apparatus for exhibiting the phenomena of the Moon; 4°, London, 1797. Cette description a été traduite en allemand, sous le titre : Beschreibung einer künstlichen Mondkugel, dans le Magazin für den neuesten Zustand der Naturkunden, publié par *J. H. Voigt*, 8°, Jena & Weimar; vol. IV, 1802, p. 314.

Après la publication de la Mappa selenographica de *Beer* et *Mädler* (voir plus haut, n° 2336), une dame *Witte*, de Hanovre, construisit, d'après cette carte, un globe en relief, de 0m,287 de diamètre, sur lequel les moindres détails de la Mappa se trouvaient représentés (ANn, XVII, 1840, 29. — Comparez : British Assoc, Rep, 1843, II, 4).

Un travail encore plus considérable a été exécuté vers le milieu de ce siècle, par *T. Dickert*, conservateur du musée du château de Poppelsdorf, près de Bonn. C'est un immense relief en plâtre, représentant la Lune sous un diamètre de 6m,0[illegible], et portant toutes les aspérités de sa surface, à l'échelle de 1/[illegible] pour les distances et de 1/[illegible] pour les hauteurs. Les teintes mêmes des différentes régions sont imitées. Il existe une description de cette œuvre de patience :

2347. Schmidt, J. F. J. Das Relief der sichtbaren Halbkugel des Mondes, angefertigt von *Th. Dickert*; 8°, Olmütz, 1854.

Dès l'automne de 1840, *J. W. Draper* avait obtenu des images de la Lune, sur plaque daguerréotype, en employant un héliostat, et par une demi-heure de pose (PMg_3, XVII, 1840, 222). Ces premières images n'avaient de valeur qu'à titre de curiosité. Une tentative d'obtenir des photographies de la Lune, sur plaque de verre, fut faite ensuite par *Niepce de Saint-Victor* (Paris, Crh, XXX, 1850, 709). Mais

ce fut *G. P. Bond*, qui, en employant la grande lunette de l'Observatoire de Harvard College, à Cambridge, aux États-Unis, réussit le premier essai, portant un certain caractère d'utilité astronomique (Paris, Crh, XXXII, 1851, 912).

Les travaux de *Secchi* se placent ensuite, et consistent tant en images partielles, comme celle du cratère Copernic, qu'en aspects des phases incomplètes, comme celle du premier quartier (Roma, MOs_3, I, 1859, 158. — Comparez : Paris, Crh, XLII, 1856, 958; XLVI, 1858, 199, 795).

Les photographies de *W. de la Rue*, qui sont restées célèbres, étaient exécutées à une grande échelle. Il en a été rendu compte à la Société astronomique de Londres (London, MNt, XIX, 1859, 40). Une des planches a été photo-gravée (Ibid., XXV, 1865, 174).

On peut citer ensuite les photographies de *Kaiser* (Amsterdam, Ver_1, XVI, 1864, 13) et de *Neyt* (Bruxelles, Bul_2, XXVIII, 1869, 28), qui représentent la Lune dans différentes phases.

Toutefois les images photographiques de notre satellite, qui jusqu'ici rendent le plus de service, sont celles de *Rutherfurd*, de New York, parce qu'elles ont été multipliées et se trouvent dans le commerce. En voici le titre :

2348. Rutherfurd, L. M. Photographs of the Moon; plano, Manchester, [1873].

Ces photographies sont au nombre de trois, deux des quadratures, de 0m,24 de diamètre, et une de la Lune pleine, de 0m,20. Ces images sont celles qui sont jointes à l'ouvrage : The Moon, de *Proctor* (voir § 207, n° 2264).

Il y a, dans l'Atlas der Astrophysik de *Grimm*, déjà cité sous le n° 2343, neuf planches contenant des reproductions de photographies de détails lunaires. Nous avons vu, en outre, une très-belle photographie de la Lune en quadrature, de 0m,38 de diamètre, prise récemment à l'Observatoire de l'Université d'Oxford, sous la direction de *Pritchard*.

Mentionnons, pour terminer, une note de *Janssen* sur la photographie de la lumière cendrée (Paris, Crh, XCII, 1881, 496).

§ 218. ROTATION.

Le fait que la Lune nous montre toujours la même face ne paraît pas avoir été nettement reconnu avant le Ve *siècle*. On le trouve dans *Simplicius* (Commentarius in quatuor Aristotelis libros de Coelo [G], fol., Venetiis, 1526 [version latine, fol., Venetiis, 1540]; p. 112 verso). Il résulte de cette disposition que la Lune exécute réellement une rotation. Cette vérité, quelque temps contestée, a été établie d'une manière magistrale par *de Mairan* (Paris, H & M, 1747, 1).

Newton, dans une lettre à *N. Mercator*, de 1675, avait affirmé que ce mouvement

de rotation est uniforme (*Mercator, N.*, Institutionum astronomicarum libri duo, 8°, Londini, 1676; append., sp. fin. — Réimpr. 4°, Patavii, 1685, voir p. 241). Mais il croyait à tort l'axe de rotation perpendiculaire à l'écliptique.

Un progrès important fut réalisé par *J. D. Cassini* (De l'origine et du progrès de l'Astronomie; dans Paris, R6b, 1693, n° 1. — Reproduit : Paris, His, VIII, 1731, 1), qui découvrit les conditions générales de cette rotation. Après s'être assuré de l'uniformité de la vitesse angulaire, du parallélisme constant de l'axe, et de l'égalité qui existe entre la durée de la rotation et celle de la révolution, cet habile astronome reconnut que les trois plans de l'orbite lunaire, de l'écliptique et de l'équateur de la Lune, se coupent constamment suivant une même droite. Ces lois importantes, désignées sous le nom de « lois de Cassini, » ont été exposées plus tard en détail par :

2349. Cassini, J. De la libration apparente de la Lune, ou de la révolution de la Lune autour de son axe. Paris, H & M, 1721, 108.

C'est l'écliptique qui se trouve entre les deux autres plans, et non l'équateur lunaire, ainsi qu'on serait induit à le croire, d'après une indication erronée de *Delambre* (Delambre, Ast, III, 1814, 62).

T. Mayer confirma, à son tour, l'uniformité de la rotation de la Lune, et il s'assura, par des observations très-précises des taches, notamment de la tache Manilius, que la rotation est parfaitement égale à la révolution (Cosmographische Nachrichten und Sammlungen, 4°, Wien [Nürnberg], 1750; p. 52).

Bientôt après, *Laplace* put démontrer (Paris, Mem₁, 1, 1798, 501. — Comparez Laplace, TMc, II, 1799, liv. v, ch. 2) que les inclinaisons respectives de l'équateur et de l'orbite lunaires sont constantes sur l'écliptique mobile, et que la rotation de la Lune est soumise aux mêmes variations séculaires que sa révolution.

Le seul élément vraiment particulier à la rotation de notre satellite est donc l'inclinaison du plan de son équateur sur l'écliptique.

Plusieurs astronomes ont présenté des méthodes pour déterminer les éléments de l'axe de rotation de la Lune. Nous citerons à cet égard :

2350. Heinsius, G. De apparentia aequatoris lunaris in disco Lunae; 4°, Petropoli [Lipsiae], 1745.

2351. Mayer, T. Abhandlung über die Umwälzung des Mondes um seine Axe, und die scheinbare Bewegung der Monflecken. Cosmographische Nachrichten und Sammlungen, 4°, Wien [Nürnberg], 1750; p. 52.

2352. Kaestner, A. G. Formulae disco lunari dato tempore describendo. Gotinga, Cos_2, III, II, 1780, 8.

Valeurs attribuées à l'inclinaison de l'équateur lunaire sur l'écliptique.

1693. J. D. Cassini, par ses observations des taches. (Paris, H & M, 1721, 108.)	2° 30′
1750. T. Mayer, d'après ses observations des taches en 1748 et 1749. (Bericht von den Mondskugeln, 4°, Nürnberg, 1750.)	1 29
1763. J. J. de Lalande, par ses observations de la tache Manilius. (Paris, H & M, 1764, 555.)	1 43 0″
1818. Nicollet & A. Bouvard, par 62 observations de la tache Manilius. (CdT, 1822, 230.)	1 27 40
1819. Poisson, en discutant les observations de la tache Manilius faites par *Nicollet*. (CdT, 1821, 225.)	1 28 42
1821. Nicollet, par 18 observations d'*A. Bouvard* et de *F. Arago* en 1806, et 52 observations qui lui sont propres. (CdT, 1823, 340.)	1 28 45
1832. Plana, en discutant les observations de *Nicollet*. (*Plana*, Théorie de la Lune, 3 vol. 4°, Turin; t. I, p. 776).	1 28 41,6
1836. Stambucchi & Kreil, par 196 observations de taches lunaires, en 1833 et 1834. (EfH, 1837, 56.)	1 33 48
1848. Wichmann, par les mesures des taches prises par *Schlüter* et par lui à l'héliomètre de Königsberg. (ANn, XXVII, 97.)	1 32 9
1880. Hartwig, par ses observations à l'héliomètre de Strasbourg. (*Hartwig*, Beitrag zur Bestimmung der physischen Libration des Mondes; 4°, Strassburg.)	1 30 30
1881. Pritchard, par des mesures sur les photographies prises à l'Observatoire de l'Université d'Oxford. (London, MN, XLI, 307.)	1 32 33

Les inégalités de cette inclinaison sont données par *Poisson*, d'après les observations de *Nicollet*. (CdT, 1821, 280). Ces calculs ont été corrigés par *Plana*. (Théorie du mouvement de la Lune, 3 vol. 4°, Turin; t. I, p. 776).

§ 219. LIBRATION.

Galilée connaissait, en 1632, la libration parallactique de la Lune. Le centre du disque étant dirigé au centre de la Terre, l'observateur placé obliquement, à la surface de notre globe, peut apercevoir, dit-il, des points de la surface lunaire qui sont au delà du disque normal (*Galilei*, Dialogo intorno ai due massimi sistemi del

monde, 4°, Florenza, 1632; part. I, p. 58. — Reproduit : Galilei, Ope, I, 1842; voir p. 75.) Les deux taches sur lesquelles il constatait alors ce phénomène sont, dans notre nomenclature, Mare crisium à l'Ouest, et Grimaldi à l'Est. Dans une lettre à *Antonini*, datée de 1637, *Galilée* décrit en détail, sous le nom de « titubazione, » la libration parallactique et la libration en latitude (Galilei, Ope, éd. de Padova, vol. II, 1718, p. 46; Ope, éd. 8° de Firenze, vol. III, 1843, p. 176).

Le mot « libratio » se trouve, en 1647, dans l'ouvrage d'*Hevelius* (Selenographia, fol., Godani; p. 112, 236-249). Cet observateur aperçut (ibid., p. 241) que la libration en latitude dépend de la situation de la Lune par rapport à ses nœuds, ce qui indiquait déjà que l'axe de rotation reste parallèle à lui-même. La libration en longitude lui était bien connue; il ne la trouvait pas uniforme, et soupçonnait qu'elle était égale à la somme des inégalités du mouvement de révolution (ibid., p. 249). La même explication s'était aussi présentée à *Riccioli*, qui, trompé par des observations imparfaites, desquelles résultait une libration trop forte, l'avait rejetée (Riccioius, Alm, I, 1651, 216). Mais *Hevelius* y revint, et finit par établir l'existence de cette relation (*Hevelius*, Epistola de motu Lunae libratorio, fol., Godani, 1654; p. 46. — Reproduit : Riccioius, Ara, I, 1665; voir p. 182). Il l'exprime en disant que la Lune présente toujours la même face au centre de son orbite.

Les observations mêmes qui ont servi aux premières études de la libration sont reproduites dans : Riccioius, Ara, I, 1665, savoir : celles d'*Hevelius*, 1643-1654 (p. 183-188), celles de *Gassendi*, 1636-1642 (p. 189), celles de *Boulliau*, 1643-1648 (p. 190), et celles de *F. M. Grimaldi*, 1649-1651 (p. 191).

Il y a dans la libration en longitude une inégalité annuelle, qu'il est difficile de tirer des observations, parce qu'elle est peu considérable. Voici comment le coefficient de cette inégalité a été évalué, en arc sélénocentrique.

Valeurs attribuées au coefficient de l'inégalité annuelle de la libration en longitude.

1821. Nicollet. (CdT, 1825, 340.)	4′ 48,7
1836. Stambucchi & Kreil. (EfM, 1837, 37.)	5 42,6
1880. Hartwig. (Beitrag zur Bestimmung der physischen Libration des Mondes, 4°, Strassburg.)	5 27
1881. Pritchard. (London, MNt, XLI, 507.)	5 50

Nous avons indiqué au § 120, p. 291, les documents à consulter en ce qui touche la théorie de la libration. Il suffira de signaler ici les ouvrages dans lesquels sont rassemblées les formules propres à calculer sur-le-champ les effets de ce phénomène.

On trouvera ces formules dans :

W. Beer & Mädler, Der Mond, 4°, Berlin, 1837; p. 49.

Bessel, dans ANn, XVI, 1839, 273. — Reproduit : *Bessel*, Abhandlungen, 3 vol. 4°, Leipzig; vol. III, 1876, p. 317.

Encke, dans BaJ, 1843, 283.

Neison, The Moon, 8°, London, 1876; p. 351.

Marth, dans London, MNt, XLI, 1881, 120.

La libration physique ou originelle, dont *Newton* s'était déjà préoccupé (Newtonus, PPm, 1687, lib. III, prop. 38), est due à la déviation de la Lune de la forme sphérique. On peut conclure d'observations rapides, qu'elle est fort petite. Elle consiste dans une oscillation de l'axe de la Lune dirigé vers nous, autour du rayon vecteur de l'astre, assimilant celui-ci à un pendule, et non à un fil-à-plomb qui pendrait fixement vers la Terre.

Une libration physique analogue se ferait autour de la droite qui joint la Lune au Soleil. Mais *Lagrange* a montré (Berlin, Mem., 1780, 203, art. 55. — Reproduit : Lagrange, OEu, V, 1870, 59) qu'elle aurait seulement $\frac{1}{175}$ de l'amplitude de la première; et comme la libration physique vers la Terre est fort petite, celle vers le Soleil est tout à fait insensible.

Jusqu'ici, en effet, on n'est pas parvenu à dégager des erreurs des observations le principal de ces effets, celui vers la Terre. *Wichmann* dit seulement (ANn, XXVII, 1848, 107) que cette libration physique est certainement moindre que 3″, peut-être même inférieure à 2″. Ces chiffres représentent seulement une amplitude d'oscillation sélénocentrique de 10′, ou même de 7′ environ (*Neison*, The Moon, 8°, London, 1876; p. 108). Les recherches de *Hartwig*, déjà citées, conduisent à une conclusion analogue. On peut donc dire que la Lune pend vers la Terre sans osciller.

§ 220. FIGURE.

Nous avons vu, à la fin du § 218, que le disque de la Lune est sensiblement circulaire. Ce n'est pas à dire cependant que ce globe soit absolument sphérique. *Newton* a déjà remarqué (Newtonus, PPm, lib. III, prop. 38) que l'axe dirigé vers la Terre doit être plus long que l'axe de rotation, et cette proposition a été confirmée par d'*Alembert* (Opuscules mathématiques, 8 vol. 4°, Paris; t. II, 1761, p. 318).

Nous appellerons 2a l'axe de l'équateur lunaire dirigé vers nous, 2b l'axe de cet équateur perpendiculaire au rayon vecteur, et 2c l'axe de rotation. Voici comment on a évalué, par des considérations théoriques, l'axe 2a de la Lune, l'axe 2c étant pris pour unité.

Valeurs attribuées à l'axe d'allongement de la Lune, l'axe de rotation étant l'unité.

1687. Newton. (Newtonus, PPm, lib. III, prop. 18.)	1,000 017 5
1761. D'Alembert. (Opuscules mathématiques, t. II, p. 315.) . .	1,000 028 78
1780. Lagrange. (Berlin, Mem₁, 1780, 203, art. 69. — Reproduit : Lagrange, OEu, V, 1870, 76.)	1,000 024 04
1799. Laplace. (Laplace, TMc, II, liv. v, ch. ij, n° 18.)	1,000 033 044

On va voir que ces valeurs, déduites de la théorie de l'attraction, semblent notablement dépassées dans la nature.

Hansen a fait la remarque que les discussions entreprises dans ces derniers temps, pour tirer des observations les coefficients des principales inégalités du mouvement lunaire, donnent toutes des chiffres plus forts que les valeurs correspondantes calculées par la théorie. Il en conclut que le centre de gravité de la Lune est, par rapport à la Terre, au delà du centre de figure du globe lunaire. La première de ces distances étant 1, la seconde serait 1,000 134 4 (London, MAS, XXIV, 1856, 31). Ce chiffre donnerait, dans l'hypothèse de l'homogénéité, une excentricité de 0,034 et $a = 1{,}000\,290$.

H. Gussew a cherché directement cette excentricité, en prenant des mesures des positions relatives des taches, dans différentes phases de la libration, sur des photographies de *de la Rue*. Il trouve ainsi (St. Pétersbourg, Bul_3, I, 1860, 296) l'excentricité de 0,0728, par conséquent $a = 1{,}001\,326$, et la distance de la Terre au centre de gravité de la Lune 1,000 339, celle de la Terre au centre de figure de notre satellite étant l'unité.

Une autre tentative du même genre a été faite par *Kayser*, au moyen de l'observation directe des taches placées au bord du disque, et qui paraissent et disparaissent par la libration. Cet astronome trouve de cette manière (ANn, LXXIII, 1869, 240), pour l'excentricité de la section de la Lune faite dans son équateur, 0,032 9, d'où résulterait $a = 1{,}000\,271$, et la distance de la Terre au centre de gravité de la Lune 1,000 130 4, celle de la Terre au centre de figure étant toujours l'unité.

Les idées de Hansen sur la position du centre de gravité de la Lune ont fait l'objet d'un examen critique de *Newcomb* (Proceedings of the American Association for the

advancement of science, 8°, Washington; année 1868, p. 167. — Reproduit : AJS_2, XLVI, 1868, 376), et elles ont été également combattues par *Delaunay* (Paris, Crh, LXX, 1870, 37). Ces deux astronomes ne croient pas que la très-petite différence trouvée entre le coefficient de la variation tiré des observations, et celui déduit de la théorie, permette de rien conclure relativement au centre de gravité de notre satellite.

Nous venons de parler de l'allongement du globe lunaire dans le sens du grand axe 2a. D'après la théorie, l'excès de l'axe moyen 2b sur le plus petit axe 2c serait exactement ¼ de l'excès de 2a sur 2c. Ce point, établi par *Lagrange* (Berlin, Mem_1, 1780, 203, art. 69. — Reproduit : Lagrange, OEu, V, 1870, 76), a été confirmé par *Laplace* (Laplace, TMc, II, 1799, liv. v, ch. ij, n° 18).

Les moments d'inertie, par rapport aux trois axes du sphéroïde lunaire, sont nécessairement un peu inégaux. Nous les désignerons respectivement par les lettres capitales A, B, C, correspondant aux axes que nous avons représentés par les petites lettres. Le rapport de ces moments d'inertie peut se conclure de divers phénomènes, notamment du mouvement du nœud de la Lune et de l'inégalité annuelle de la libration en longitude.

Laplace établit (loc. cit.) que, dans l'hypothèse de l'homogénéité, les trois moments seraient entre eux dans les rapports marqués par les valeurs :

$$A = 1 \qquad B = 1{,}000\,029 \qquad C = 1{,}000\,038\,;$$

tandis qu'il trouve par les phénomènes cités, en prenant toujours $A = 1$,

$$B = 1{,}000\,56, \qquad C = 1{,}000\,60.$$

Nicollet tire de ses observations (CdT, 1823, 340) :

$$B = 1{,}000\,564\,253 \qquad C = 1{,}000\,597\,567.$$

Les nombres de *Stambucchi* & *Kreil* (EfM, 1837, 33) donnent :

$$B = 1{,}000\,632\,03, \qquad C = 1{,}000\,635\,24.$$

Enfin il résulte des observations de *Wichmann* (ANn, XXVI, 1848, 333)

$$B = 1{,}000\,564, \qquad C = 1{,}000\,599.$$

§ 221. CONSTITUTION PHYSIQUE.

La plupart des ouvrages qui contiennent des descriptions de la surface lunaire, s'occupent aussi des conditions physiques qui existent à la surface de notre satellite. Il faut donc, avant tout, renvoyer ici aux ouvrages cités précédemment au § 216. On y joindra les études suivantes, qui traitent plus particulièrement de la constitution physique de notre satellite :

2353. **Lahire, P. de.** Réflexions sur les apparences du corps de la Lune. Paris, H & M, 1706, 107.

2354. **Louville, J. E. de.** Observation faite à Londres de l'éclipse totale du Soleil du 3 mai 1715. Paris, H & M, 1715, 89.

2355. **Weidler, J. F.** Eclipsis Solis observata Vitembergae Saxonum die 4 Augusti 1739. London, PTr, 1739, 226.

2356. **Gruithuisen, F. v. P.** Fragmente der Physik des Mondes. Astronomisches Jahrbuch für physische und naturhistorische Himmelsforscher, 8°, München ; année 1839, p. 31 ; 1840, p. 45 ; 1841, p. 44 ; 1842, p. 100 ; 1843-44, p. 40 ; 1845, p. 68 ; 1846, p. 111 ; 1847, p. 119 ; 1848, p. 91 ; 1849. p. 76.

2357. **Gruithuisen, F. v. P.** Ueber Naturgeschichte des Mondes. Même annuaire ; année 1840, p. 161.

2358. **Loomis, E.** Physical constitution of the Moon. SMr, I, 1847, 20.

Ce travail contient un exposé général des conditions physiques dans lesquelles se trouve notre satellite.

2359. **Neison, E.** The present probable physical condition of the surface of the Moon. ARr, XI, 1874, 305 ; XII, 1878, 62.

2360. **Klein, J. H.** Die physische Beschaffenheit der Mondoberfläche. Dans Gaea, Natur und Leben, herausgegeben von *H. J. Klein*, 8°, Köln und Leipzig ; vol. XV, 1879, p. 546 ; vol. XVI, 1880, p. 336, 586, 656.

2361. **Birt, W. R.** Lunar physics. Obs, IV, 1881, 47.

Après ces études d'un caractère plus ou moins général, il faut signaler celles dans lesquelles on s'occupe plus spécialement de l'interprétation de certaines apparences.

Nous avons déjà indiqué, au § 215, la conclusion tirée par *Galilée*, des déchiquetures du terminateur, relativement aux inégalités du sol de la Lune (*Galileus*, Sydereus nuncius, 4°, Venetiis, 1610, p. 9. — Reproduit : Galilei, Ope, éd. de Milan, IV, 1810, 310 ; éd. de Florence, III, 1843, 63). L'existence de montagnes, d'élévations diverses, était, en effet, facile à constater.

L'attention se porta en même temps sur les grandes plaines grises, que *Galilée* remarqua aussi dès ses premières observations, et qu'il assimila à nos « mers » (*Galileus*, Sydereus nuncius, p. 9. — Reproduit : Galilei, Ope, éd. de Milan, IV, 1810, 310 ; éd. de Florence, III, 1843, 63). Pendant longtemps on a considéré ces teintes plates comme indiquant la présence de véritables masses liquides. Ce fut *Huygens* qui, en discutant les conditions physiques, affirma le premier que ces espaces uniformes ne sont pas des mers, mais des plaines basses, dont le sol affecte une teinte plus obscure (*Hugenius*, Cosmotheoros ; 4°, Hagae Comitum, 1698. — Reproduit : *Hugenius*, Opera varia, 2 vol. 4°, éd. 1724, t. II, voir p. 705). Il tirait principalement cette conclusion de l'absence d'une atmosphère sensible.

Malgré l'ensemble de déductions qui contredisent l'idée que les grandes plaques grises de la surface lunaire soient des masses d'eau, l'opinion que ces taches sont réellement des mers a encore été défendue, il n'y a guère plus d'un demi-siècle, par *Emmett* (Annals of philosophy, 2nd series, 8°, London ; vol. XII, 1826, p. 337, 434), en contradiction avec tous les sélénographes modernes.

La nature volcanique de certaines parties de la surface lunaire a déjà été signalée par *Hevelius* (Selenographia, fol., Gedani, 1647 ; p. 354), et *Hooke* avait généralisé cette notion, en regardant la plupart des taches comme des volcans éteints (*Hooke*, Micrographia, fol., Londini, 1667 ; cap. xx).

Les volcans de la Lune ont fait l'objet de plusieurs travaux spéciaux, savoir :

2362. **Æpinus, F. U. T.** Sur les volcans de la Lune. Petropolis, NAc, II, 1788, his. 50.

2363. **Cesaris, A. de.** De montibus vulcaniis Lunae commentarius. EpM, 1790, 32.

2364. **Beaumont, E. de.** Comparaison entre les masses montagneuses de la Terre et de la Lune. Paris, Crh, XVI, 1843, 1032.

2365. **Dana, J. D.** On the volcanoes of the Moon. AJS_2, II, 1846, 335.

2366. **Secchi, A.** ... Cratères lunaires. Paris, Crh, XLVIII, 1859, 39.

2367. Faye, H. Les volcans de la Lune. Bulletin hebdomadaire de l'Association scientifique de France, seconde série, 8°, Paris; vol. II, 1881, p. 257.

L'idée d'actions volcaniques exercées sur la Lune, et particulièrement de soulèvements, a été combattue par :

2368. Gruithuisen, F. v. P. Vulkanismus auf dem Monde. Astronomisches Jahrbuch für physische und naturhistorische Himmelsforscher, 8°, München; année 1849, p. 93.

Cet article est traduit en français, en anglais et en italien, dans le même volume, p. 160, 164, 169, respectivement.

La première mention de rainures ou crevasses, dans le sol lunaire, a été faite par *Schroeter* (Selenotopographische Fragmente, 2 vol. 4°, Göttingen; vol. II, 1802, p. 227). Il emploie pour les désigner le mot allemand « Rille, » auquel il substitue parfois, comme un équivalent, le mot « Canal » (ibid., p. 228).

Ces rainures ont fait l'objet d'une étude plus suivie de la part de *Gruithuisen* (BaJ, 1817, 129; 1819, 259). Puis *Beer* & *Mädler* ont donné une liste de toutes celles de ces crevasses qui étaient connues en 1840. Voyez cette liste, accompagnée des descriptions :

2369. Beer, W. & Mädler, J. H. Sur les rainures de la surface lunaire (Ueber die Rillen der Mondfläche). Dans Beer & Mädler, Frg, 1840, 45 (Bei, 1841, 11).

Ce catalogue est traduit en anglais, sous le titre : The lunar rills (clefts), dans ARr, XIX, 1881, 263 et suiv., continué par parties ARr, XX, 1882, 10 et suiv.

Voyez encore un travail spécial consacré à ces sillons :

2370. Schmidt, J. F. J. Ueber Rillen auf dem Monde; 4°, Leipzig, 1866.

On remarque, même à l'œil nu, à la surface de la Lune, plusieurs systèmes rayonnants, dont le plus remarquable est celui qui a pour centre la tache appelée Tycho. Bien qu'elles soient frappantes, ces grandes bandes rayonnantes n'ont été étudiées d'une manière suivie qu'à partir des travaux de *W. Beer* et *Mädler*. Le nom de « Strahlensysteme » a été donné par ces astronomes à ces groupes de rayons divergents (AN, XII, 1835, 109). Dans leur ouvrage Der Mond, déjà cité à différentes reprises (voir sous le n° 2317), plusieurs de ces systèmes sont examinés (p. 139, 269, 290).

On pourra consulter, en outre, au sujet de ces bandes :

2371. Schwabe, S. H. Ueber die Lichtstreifen des Mondes. Unt, IX, 1833, 30.

2372. Lamey, C. De la nature et de la formation des bandes rayonnantes de la Lune; 8°, Dijon, 1874.

Bien que *Huygens*, comme on le verra dans un instant, eût de bonne heure rejeté l'idée d'une atmosphère autour de la Lune, on n'a pas été sans noter certaines apparences, qui semblaient annoncer des traces au moins d'une couche atmosphérique raréfiée. Voici les principaux travaux que l'on peut citer à ce sujet :

2373. L'Isle, J. N. de. Sur l'atmosphère de la Lune. Paris, H & M, 1715, 147.

2374. Teuber, G. Conamen ad probandam Lunae atmosphaeram. Berolinum, Msc, III, 1727, 279.

2375. Fouchy, J. P. G. de. De atmosphera lunari. London, PTr, 1759, 261.

2376. Mylius, C. Gedanken ueber die Atmosphere des Monds; 4°, Hamburg, 1746.

2377. Euler, L. Sur l'atmosphère de la Lune prouvée par la dernière éclipse annulaire de Soleil. Berlin, H & M, 1748, 103.

2378. Mayer, T. Beweis dass der Mond keinen Luftkreis habe. Cosmographische Nachrichten und Sammlungen, 4°, Wien [Nürnberg], 1750; p. 397.

2379. Boscovich, R. De Lunae atmosphaera, dissertatio; 4°, Romae, 1753. — Réimprimé : 4°, Lipsiae, 1754; 4°, Viennae, 1776.

Il y a des exemplaires qui ne portent pas le nom de l'auteur.

2380. Frisi, P. De atmosphaera coelestium corporum dissertatio physico-mathematica.

Dans ses Dissertationes variae, 2 vol. 4°, Lucae; vol. I, 1759, n° 2.

2381. Dunn, S. Certain reasons for a lunar atmosphere. London, PTr, 1762, 578.



2582. Schroeter, J. H. Observations on the atmospheres of Venus and the Moon, their respective densities, perpendicular heights and the twilight occasioned by them. London; PTr, 1792, 309.

L'auteur est revenu sur ce sujet dans l'article :

2583. Schroeter, J. H. Noch über die Dämmerungen der Mondatmosphäre. BaJ, 1798, 228.

2584. Bessel, F. W. Bemerkungen über eine angenommene Atmosphäre des Mondes. ANa, XI, 1834, 111.

Cette atmosphère est nécessairement fort limitée, comme le prouve l'exiguïté de la réfraction subie par les rayons lumineux provenant des étoiles, au moment des occultations.

On s'est demandé quelle est la condition de la portion de la Lune qu'il nous est impossible d'apercevoir. *W. Beer* et *Mädler* ont essayé de répondre à cette question, en considérant que la bordure de l'hémisphère postérieur, qui se découvre à nous par intervalles, en vertu de la libration, et qui représente ⅙ de cet hémisphère, ne diffère pas d'une manière caractéristique de la portion antérieure du globe lunaire. Voyez :

2585. Beer, W. & Mädler, J. H. Sur l'hémisphère invisible de la Lune (Ueber die jenseitige Mondhalbkugel). Dans Beer & Mädler, Frg, 1839, 1 (Bei, 1841, 3).

Les premiers sélénographes envisageaient très-carrément la possibilité qu'il y eût des habitants sur le globe lunaire. *Hevelius* avait même créé, pour désigner ces habitants, les noms de « selenitae » et de « lunicolae » (Selenographia, fol., Gedani, 1647; p. 300, 301). Mais on fut bientôt arrêté, dans cet ordre de considérations, par la remarque de *Huygens* (*Hugenius*, Cosmotheoros; 4°, Hagae Comitum, 1698. — Reproduit : *Hugenius*, Opera varia, 2 vol. 4°, éd. 1724, t. II, voir p. 705), qu'on n'aperçoit sur la Lune aucune trace de constructions d'un caractère artificiel. Comme *Huygens* établissait, en même temps, qu'il n'y a pareillement sur ce globe ni atmosphère sensible, ni eau, l'existence d'êtres vivants et agissants, d'une certaine importance, fut dès lors discréditée.

Cependant certains astronomes ne croyaient pas que les conditions physiques fussent absolument contraires à la vie. C'est ce que soutint

2586. Fester, C. D. Betragtning over magnens beqvemhed for levende skabninger. Skrifter det Danske videnskabernes selskab, nye samling, 4°, Kjöbenhavn; vol. I, 1781, p. 121.

La question restait sur ce terrain spéculatif, lorsqu'en 1823, *Gruithuisen* annonça qu'il avait découvert, dans une région de la Lune, à laquelle il donnait le nom de Schroeter, des constructions régulières, ressemblant à des fortifications. Cette annonce se trouve dans

2587. Gruithuisen, F. v. P. Ueber einige neue endeckte reguläre Bildungen auf der Mondoberfläche und andere veränderliche Gegenstände daselbst. BaJ, 1828, 101. — Complété : 1829, 134.

Le caractère artificiel de ces éminences fut magistralement contesté par

2588. Mädler, J. H. Note sur la forme d'une certaine région de la Lune. Paris, Crh, VI, 1838, 830.

Et aussi

2589. Beer, W. & Mädler, J. H. Paysage lunaire de Schroeter (Die Mondlandschaft Schroeter). Dans Beer & Mädler, Frg, 1840, 70 (Bei, 1841, 59).

Gruithuisen est cependant revenu à la charge dans un article qui n'a pas entraîné les convictions :

2590. Gruithuisen, F. v. P. Von den Spuren organischer Wesen auf der Oberfläche des Mondes. Astronomisches Jahrbuch für physische und naturhistorische Himmelsforscher, 8°, München; année 1849, p. 1.

Depuis cette époque, il n'a plus été question de traces d'êtres organisés, dans la Lune. Mais, en 1836, avait paru un ouvrage de mystification, qui a fait un instant un grand bruit. Il avait été rédigé en Amérique par *Nicollet*, et mis faussement sous le nom de *John Herschel*. En voici le titre :

2591. Herschel, J. Great astronomical discoveries lately made at the Cape of Good Hope; 8°, [New York, 1836].

Traductions.

Hochst merkwürdige astronomische Entdeckungen, den Mond und seine Bewohner betreffend; 8°, Hamburg, 1836.

Découvertes dans la Lune faites au Cap de Bonne-Espérance; 8°, Paris, 1836.

Cette mystification, dans laquelle on supposait qu'on avait observé, dans la Lune, des êtres ailés, ayant ouvert une voie à la spéculation, servit de point de départ à toute une série de publications apocryphes, qui, pour l'astronome, ne présentent aucun intérêt.

Les personnes qui désirent se tenir au courant des travaux des sélénographes contemporains, tant au point de vue des descriptions proprement dites qu'à celui de l'interprétation des observations portant sur la constitution physique de la Lune, ne peuvent pas négliger la publication périodique ci-dessous :

2592. The selenographical journal, a monthly bulletin of the Selenographical Society; 5 vol. 8°, London, 1878-1882.

Le cinquième volume est en cours de publication cette année [1882].

§ 222. CHANGEMENTS.

Les changements à la surface de la Lune sont fort difficiles à constater d'une manière positive, non-seulement à cause des lacunes qui peuvent exister dans les dessins de comparaison, mais aussi par suite des aspects variés qui résultent des incidences différentes de la lumière.

Le plus ancienne trace que nous trouvions d'une observation relative à un changement de la surface lunaire, remonte au 18 octobre 1675. *Lalande* raconte qu'à cette date, *J. D. Cassini* avait noté, sur des dessins inédits, une tache nouvelle, blanche, entre Pitatus et Waltherus (Lalande, Ast_3, III, 1792, 551). En 1783, *W. Herschel* crut à la formation de deux montagnes, qui serait arrivée entre le 4 et le 13 du mois de mai (London, PTr, 1787, 230). *Schroeter* a rassemblé, dans son ouvrage classique, un certain nombre d'observations, tendant à établir l'existence de changements (Selenographische Fragmente, 2 vol. 4°, Göttingen; vol. 1, 1791, Abth. III, p. 412; Abth. IV, Abchn. j et ij, p. 524 et 567). Cet habile observateur cite notamment les taches Hevelius et Mare Crisium.

Dans ces derniers temps, on a cru constater diverses modifications de la surface lunaire. Nous citerons, parmi les exemples principaux, les taches Linné, Plato, Messier et Hyginus. On consultera sur cette question :

2593. Mädler, J. H. Changes on the Moon's surface. British Assoc, Rep, 1868, 814. — Reproduit : ARr, VI, 1860, 238.

En allemand, sous le titre Ueber Veränderungen auf der Mondoberfläche, dans : *Mädler, J. H.*, Reden und Abhandlungen, 8°, Berlin, 1870; p. 490.

2594. Birt, W. R. On the extent of evidence which we possess elucidatory of changes on the Moon's surface. British Assoc, Rep, 1868, II, 11.

2595. Webb, T. W. On the study of change in the lunar surface.

Dans *Birt, W. R.*, Selections from the portfolios of the editor of the lunar map, 2 cah. 4°, London; cah. 1, 1875, p. 1.

2596. Klein, H. J. Ueber Veränderungen auf der Mondoberfläche. Sirius, Zeitschrift für populäre Astronomie, 8°, Leipzig; vol. X, 1877, p. 119. — Reproduit : WfA, XX, 1877, 177.

2597. Klein, H. J. Veränderungen auf der Mondoberfläche und ihr neuester Leugner. Sirius, cité au n° précédent; vol. XIV, 1881, p. 54.

§ 223. FULGURATIONS.

Les premières fulgurations observées dans la partie obscure de la Lune ont été notées pendant des éclipses totales. Ainsi, pendant l'éclipse de 1715, *de Louville* vit sur le disque des « éclairs », qu'il expliqua par des orages (Paris, H & M, 1715, 96). A l'éclipse de 1778, *de Ulloa* fut frappé de l'aspect d'un point tellement brillant, qu'il crut avoir aperçu le Soleil par un trou percé à travers la Lune (Berlin, Mem_1, 1778, 30 a. — Reproduit : Histoire et mémoires de l'Académie de Toulouse, 4°, Toulouse; vol. I, 1782, p. 224. En anglais : London, PTr, 1779, 105. En suédois : Stockholm, Hdl_1, XXXIX, 1778, 255; [en allemand] : Hdl'_1, 1778, 225).

Pendant quelque temps, on a attribué ces fulgurations à des éruptions volcaniques. Telle était l'interprétation de *W. Herschel* (London, PTr, 1787, 229). Plus tard, *Olbers* émit l'idée de réflexions sur des surfaces vitrifiées (London, MAS, I, 1822, 155. — Complété : BaJ, 1824, 229).

On trouvera les références relatives aux diverses observations individuelles des fulgurations dans *Houzeau & Lancaster*, Bibliographie de l'Astronomie; vol. II, 8°, Bruxelles, 1882, p. 1233-1238 et 1727.

§ 224. ÉCLAT.

La différence entre l'éclat de la Lune et celui du Soleil est énorme. Le premier physicien qui entreprit de mesurer la relation photométrique entre ces deux luminaires fut *Bouguer*, en 1725. L'expérience a été renouvelée depuis de différentes manières. Nous allons donner les divers chiffres qui ont été obtenus.

Valeurs attribuées à l'éclat de la pleine Lune, celle du Soleil étant l'unité.

1725. Bouguer, par l'intermédiaire d'une bougie. (*Bouguer*, Essai d'optique sur la gradation de la lumière, 12°, Paris, 1729; p. 51. — Reproduit : *Bouguer*, Traité d'optique..., 4°, Paris, 1760; p. 88.) . . . 1/[illegible]

1750. L. Euler. (Berlin, H & M, 1750, 280.) . . . . 1/[illegible]

1829. W. H. Wollaston, par l'intermédiaire d'une bougie. (London, PTr, 1829, 27.) . . . . 1/[illegible]

1861. G. P. BOND, par l'intermédiaire d'un feu de Bengale. (Boston, Mem, VIII, 1865, 221.) . . . . 1/[illegible]

1865. ZÖLLNER, à l'aide de son photomètre. (*Zöllner*, Photometrische Untersuchungen, 8°, Leipzig; p. 105.) . . . . 1/[illegible]

P. G. Bond (loc. cit.) trouve pour le chiffre représentant l'action actinique, mesurée à l'aide de préparations photographiques, 1/[illegible].

L'albedo de la surface lunaire, conclu par ces différents observateurs, est représenté respectivement par les nombres :

W. H. Wollaston	0,12
G. P. Bond	0,071
Zöllner.	0,1736

Le 4 mars 1758, *Bouguer* (Traité d'optique sur la gradation de la Lumière, 4°, Paris, 1760; p. 122) trouvait le centre de Mare humorum 5 à 6 fois plus brillant que la partie sombre de la tache Grimaldi.

Arago donne le chiffre 2,7 pour l'intensité lumineuse du bord de la Lune, celle des grandes taches étant l'unité (Arago, OEu, X, 1858, 292). Il a trouvé un point brillant isolé, voisin du terminateur, 100 fois plus éclatant que la surface générale de la Lune (ibid., p. 295).

Dans différentes circonstances, on a remarqué sur la Lune des obscurcissements légers, plus ou moins partiels. On peut voir à ce sujet un article, dans lequel on cherche à expliquer ces apparences par l'évaporation d'un liquide et sa suspension dans un état analogue à celui des nuages :

2596. Paugul. Selenographical; an obscuring medium. English mechanic and world of science, 4°, London; vol. XXXIV, 1882, p. 574.

§ 225. CHALEUR.

L'absence de chaleur dans les rayons lunaires était déjà reconnue du temps de *Plutarque* (*Plutarchus*, De facie in orbe Lunae [G]; cap. 28). Dans les temps modernes, *Tschirnhausen* ne réussit pas à produire d'effet sensible à l'aide de verres ardents (Lipsia, AcE, 1691, 52; 1697, 414). Des expériences analogues, entreprises quelques années plus tard par *G. P. de Lahire*, ne donnèrent également qu'un résultat négatif (Paris, H & M, 1705, 306).

Il faut mentionner ensuite les investigations de *Toaldo* (Bononia, Ci, VII, 1791, 9, 471) et de *Melloni* (Paris, Crh, XXII, 1846, 541). Les recherches entreprises jusqu'à cette époque sont passées en revue dans un article de *Knoblauch* (Die Fortschritte der Physik, dargestellt von der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin, 8°, Berlin; année 1846, p. 275). Elles sont également discutées par *Arago* (Arago, Apo, III, 1856, 467), dont la conclusion est que l'action lunaire est à très-peu près insensible, tant comme effet chimique que comme effet calorifique.

Cependant, des recherches postérieures et plus délicates n'ont pas été sans accuser certains résultats. *C. P. Smyth*, ayant fait des expériences, en 1856, à une grande hauteur, sur le Pic de Ténériffe, a trouvé que, dans les conditions où il opérait, la chaleur rayonnée par la Lune équivalait à celle d'une bougie placée à 4m,75 de distance (Proceedings of the Royal institution of Great Britain, 8°, London; vol. II, 1860, p. 495). *Marié-Davy* représente la chaleur lunaire par celle d'un disque en fer, de la dimension apparente de la Lune, chauffé à 100° centigrades et placé à 55m de distance de l'observateur (Paris, Crh, LXIX, 1869, 922). On peut, au reste, d'après les effets produits par les rayons lunaires, calculer la température de la surface de laquelle ces rayons proviennent. *L. of Rosse* trouve ainsi que la Lune rayonne le calorique, comme une surface chauffée à 500° Fahrenheit = 182° centigrades (London, Ptr, 1873, 587).

§ 226. SPECTRE ET POLARISATION.

Les principales études sur le spectre de la Lune sont celles de :

Janssen, dans les Annales de Chimie et de physique, 4e série, 8°, Paris; t. XXIII, 1871, p. 294.

Browning, dans ARr, VIII, 1871, 225.

H. C. Vogel, dans Bothkamp, Bec, I, 1872, 72.

On a également examiné le spectre de la lumière qu'envoie la Lune pendant ses éclipses. On trouve le compte rendu d'observations de ce genre, faites par *Maunder*, à Greenwich, dans Obs, I, 1878, 182; II, 1879, 197; et par von *Konkoly*, à O'Gyalla, dans les mémoires mathématiques de l'Académie des sciences de Hongrie : Értekezések a mathematikai osztály [tudományok] köréből, 8°, Budapest; t. VII, 1880, n° 7.

Sur la polarisation de la Lumière de la Lune, on consultera d'abord les recherches de *Secchi*, desquelles il résulte que la polarisation, nulle à l'opposition, est au maximum du 6e au 7e jour de la lunaison. Le plan de polarisation est celui de réflexion. Les « mers » et les fonds de cratères donnent beaucoup de lumière polarisée, tandis que les montagnes en donnent très-peu. La quantité de polarisation, dans le premier quartier, est presque égale sur toute la face éclairée de la phase, comme s'il s'agissait d'un corps raboteux, ayant des facettes en toute direction (AN, LII, 1869, 93-94).

On verra ensuite les observations de *Landerer*, qui confirment certains résultats de *Secchi*, et qui fournissent l'angle de polarisation, compté de la surface. Cet angle serait, selon cet auteur, de 37°, dans les plaines sombres ou « mers » (Les mondes, revue hebdomadaire des sciences, par *Moigno*, 8°, Paris; t. LI, 1880, p. 385).

CHAPITRE XIV.

COMBINAISONS LUNI-SOLAIRES.

§ 227. CYCLES DES PHASES LUNAIRES.

L'année tropique et la lunaison ne sont pas commensurables : on ne peut donc pas trouver de combinaison rigoureuse, qui permette d'accorder périodiquement les mouvements de la Lune avec ceux du Soleil. Mais si l'on n'y parvient pas exactement, on arrive à certaines approximations, qui ont reçu le nom générique de cycles.

Ces cycles sont de deux espèces : ceux qui ont simplement pour but de ramener les phases lunaires vraies aux mêmes intervalles, et ceux qui prétendent à reproduire une succession semblable de phases écliptiques. Les premiers sont les plus simples, car, à la rigueur, il suffit, dans ce cas, d'accorder la révolution synodique avec la révolution anomalistique, en choisissant des multiples convenables de l'une et de l'autre. Pour les seconds, au contraire, il faut encore tenir compte de la révolution draconitique, car la grandeur des éclipses dépend de la distance de la Lune à son nœud.

On peut voir, sur les cycles employés par les anciens, l'ouvrage fondamental de

2599. Dodwell, H. De veteribus graecorum et romanorum cyclis et de cyclo Indaeorum; 4°, Oxonii, 1701.

Le cycle de 19 ans était connu à la Chine dès le XXIIe siècle avant notre ère. On l'attribue, dans l'histoire de cet empire, à un astronome nommé *Koua-hia-kia* (*Gaubil*, dans *Souciet*, Observations mathématiques... tirées des anciens livres chinois, 3 vol. 4°, Paris; t. II, 1732, p. 140). Ce cycle ne fut trouvé par les Grecs, chez lesquels il passait sous le nom de *Méton*, qu'au — Ve siècle (Ptolemaeus, MCo, liv. IV, cap. 2). Le rang des années dans la période a été appelé le « nombre d'or ».

On trouve des détails sur l'origine du cycle de *Méton*, dans :

Theophrastus, De prognosticis [G].

Diodorus siculus, Bibliotheca historica [G], lib. II, XII.

Aelianus, De varia historia [G], lib. X, XIII.

Censorinus, De die natali [L], cap. 6.

Tzetzes, Variae historiae [G], lib. XII.

En — 329, *Calippe* quadrupla la durée, afin de rendre plus exacte cette période, qui devint ainsi de 76 ans moins un quart de jour. (*Geminus*, Isagoge in phaeno-mena [G], cap. 6. Aussi : Ptolemaeus, MCo, lib. IV, cap. 2, 0; lib. V, cap. 3; lib. VII, cap. 2, 3. Aussi : *Censorinus*, De die natali [L], cap. 6, 7, 18).

Une autre période dérivée de celle du nombre d'or fut employée par *Denys* le Petit [*Dyonisius* exiguus], en 527 (Petavius, Doc, I, 1027; lib. II, cap. 67. Aussi : *Janus*, Historia cycli dionysiani cum argumentis paschalibus; 4°, Vitembergae, 1718). Elle se compose de 28 périodes simples, et embrasse, par conséquent, 28 × 19 ans = 532 ans.

Vers l'an — 500, *Cléostrate* de Ténédos, suivi plus tard par *Harpalus*, imagina la période de 8 ans, qui ramène les lunaisons un jour et demi plus tard (*Censorinus*, De die natali [L], cap. 6. Aussi : *Macrobius*, Saturnalia [L], lib. I, cap. 13).

La période de 600 ans est mentionnée par *Josèphe* (*Josephus*, Antiquitates judaicae [H], dans ses Opera, fol., Basileae, 1544 [et autres éditions], lib. I, cap. 4). Parmi les auteurs modernes qu'on peut consulter au sujet de cette période, nous indiquerons :

J. D. Cassini, dans son traité De l'origine et du progrès de l'Astronomie, inséré : Paris, His, VIII, 1730; voir p. 4 et 5.

Weidler, dans son Historia astronomiae, 4°, Vitembergae, 1741; voir p. 629.

Goguet, dans son ouvrage De l'origine des lois, des arts et des sciences, 3 vol. 4°, Paris, 1758; voir t. III, p. 261.

Bailly, Histoire de l'Astronomie moderne, 3 vol. 4°, Paris; éd. 1785, t. I, p. 66, 300.

Il paraît que cette période était le « neros » des Égyptiens (*Georgius Syncellus*, Chronographia [G]).

Hipparque fit d'abord usage d'une période de 304 ans, comprenant 3760 lunaisons (*Censorinus*, De die natali [L], cap. 18). Il y substitua plus tard une période de 4267 lunaisons, faisant, d'après lui, 126 007^j 1^h (Ptolemaeus, MCo, lib. IV, cap. 2).

Dans ses Règles de l'Astronomie indienne, imprimées en 1689, *J. D. Cassini* examine la fameuse période de 11 600 ans, qui, lorsqu'on les prend dans le calendrier grégorien, ramène les lunaisons au même jour, et presque à la même heure (Paris, Rôb, 1693, n° 11. — Reproduit : Paris, His, VIII, 1730; voir p. 277).

Une autre période a été trouvée par *Gibert*, de 2835 ans, qui font 35 063 lunaisons, à très-peu près (Mémoires pour servir à l'histoire des sciences et des beaux-arts [dits Mémoires de Trévoux], 12°, Trévoux et Paris; année 1762, p. 197).

Une autre période, d'une très-grande approximation, au moins lorsqu'on se borne à considérer la révolution synodique et la révolution anomalistique, est celle indiquée par *Houzeau* (Bruxelles, Bul., XXXIII, 1872, 199), qui, au bout de 7412 jours ou environ dix-neuf ans trois quarts, ramène les syzygies, à un centième de jour près, dans le même point de l'orbite lunaire. Mais le nombre d'années écoulées n'étant pas un nombre entier ni même très-voisin d'un entier, ces syzygies ne correspondent pas aux mêmes points de l'orbite de la Terre.

Voici les éléments numériques des différents cycles dont on vient de parler. Nous posons, en nous bornant à six décimales du jour :

Révolution synodique ou lunaison = 29^j,530 589 = S
Id. anomalistique de la ☽ = 27,554 600 = A
Id. draconitique id. = 27,212 222 = D

Nous désignons, en outre, par J l'année julienne de 365,25 jours, et par G l'année grégorienne de 365,2425 jours.

Dans le tableau qui suit, nous rangeons les cycles dans l'ordre de leur durée :

1. Cycle de *Cléostrate*.

8 J = 2 922^j,00
99 S = 2 923,53
106 A = 2 920,79

2. Cycle de *Kouo-hiu-kin*, ou de *Meton*, ou du *Nombre d'or*.

19 J = 6 939^j,75
235 S = 6 939,69
252 A = 6 943,76

3. Cycle anomalistique.

[20 J = 7 305^j,00]
251 S = 7 412,16
269 A = 7 412,19

4. Cycle de *Callippe*.

76 J = 27 759^j,00
940 S = 27 758,75
1 007 A = 27 747,48

5. Premier cycle d'*Hipparque*.

304 J = 111 036^j,00
3 760 S = 111 035,01
4 030 A = 111 045,04

6. Deuxième cycle d'*Hipparque*.

345 J = 126 011^j,25
4 267 S = 126 007,02
4 573 A = 126 007,19

7.

Période de *Denys* (*Dionysius*).

552 J = 194 515,0
5 000 S = 194 511,3
6 352 A = 194 515,6

8.

Période du *Neros*.

600 J = 219 150,0
7 424 S = 219 155,1
7 953 A = 219 141,7

9.

Période de *Gilbert*.

2 835 J = 1 035 493,75
35 065 S = 1 035 496,1
37 579 A = 1 035 474,3

10.

Période de *J. D. Cassini*.

11 600 G = 4 235 813,0
143 472 S = 4 236 812,7
153 761 A = 4 236 825,0

C'est ici le lieu d'indiquer les tables spécialement destinées au calcul des phases de la Lune. Nous mentionnerons :

2400. Lambert, J. H. Tafeln für die Zeit der Neu- und Vollmonde.

Dans : *Berliner Akademie*, Sammlung astronomischer Tafeln, 3 vol. 8°, Berlin; vol. II, 1776, p. 97.

2401. Pilgram, A. Tabulae lunationum ex calendario chronologico medii potissimum aevi monumentis accomodatae. EpV, 1782, app.

Ces tables des phases de la Lune vont de l'an 600 à l'an 2000.

2402. Largeteau, C. L. Tables pour le calcul des syzygies écliptiques ou quelconques. CdT, 1848, 3. — Reproduit : Paris, Mém., XXII, 1850, 491.

2403. Houzeau, J. C. Du calcul rapide des phases lunaires. Bruxelles, Bul., XXXIII, 1872, 197.

Avec des tables.

Dans les syzygies, l'évection se confond avec l'équation du centre. *Burckhardt* en a profité pour établir une formule très-simple, susceptible de donner, à quelques minutes près, l'instant d'une conjonction ou d'une opposition vraie. Voici les termes les plus sensibles de cette formule :

$$u = 253^{m} \sin a - 500^{m} \sin A + 23^{m} \sin 2A + 11^{m} \sin (A - a).$$

Dans cette expression, u est la correction à faire à la syzygie moyenne, a désigne l'anomalie moyenne du Soleil et A celle de la Lune (*Burckhardt*, Tables de la Lune, 4°, Paris, 1812; p. 86).

---

§ 228. CYCLES ÉCLIPTIQUES.

Il paraîtrait, au rapport de *Suidas* (Lexicon [G], au mot Saros), que les Chaldéens auraient trouvé, au — VIIIe siècle, la période écliptique de 18 ans et 11 jours. Suivant *Halley* (London, PTr, 1692, 555), cette période chaldaïque était bien connue, dans l'antiquité, sous le nom de « saros ».

La période écliptique de 18 ans est exposée dans *Ptolémée* (Ptolemaeus, MCo, lib. IV, cap. 2). Elle fait 223 lunaisons, dit *Pline* (*Plinius*, Historia naturalis [L], lib. II, cap. 13). La différence de près de 11 jours, force à corriger d'une période à l'autre. Aussi avait-on étendu, dans l'antiquité, cette période chaldaïque, à un intervalle 51 fois plus considérable, dont on retranchait toutefois un an. Mais *Legentil* a fait la remarque (Paris, H & M, 1756, 55, 79) qu'en découplant la période, et en ajoutant quatre révolutions de la Lune, il n'y a presque plus de déplacement.

Au reste, *Hipparque* avait déjà modifié la période chaldaïque, en prenant vingt-quatre périodes élémentaires, augmentées d'une demi-période environ (Ptolemaeus, MCo, lib. IV, cap. 2).

Si l'on s'occupe principalement du nœud, il y a un cycle fort commode, dont *Pingré* s'est servi, et qui se compose de 521 ans juliens, avec une erreur de 3 heures seulement. La latitude de la Lune se reproduit à 2'; mais la différence sur les syzygies peut s'élever à 8 heures, et c'est seulement la phase de l'éclipse que l'on retrouve (Lalande, Ast., II, 1792, 195).

Il y a quelques années, *Utting* a fait connaître un cycle de 307 ½ ans environ, au bout duquel les révolutions synodique et draconitique se retrouvent ensemble (London, MAS, III, 1829, 89). Mais il y a une différence de 8 jours pour le retour au périhélie; et d'autre part, la différence de six mois sur la position de la Terre fait varier sensiblement l'heure des éclipses. C'est donc seulement leur grandeur qui se reproduit. Encore, pour les éclipses de Soleil, cette grandeur est-elle influencée par les différences de parallaxe, puisque l'heure diffère et par conséquent la hauteur de l'astre sur l'horizon. Cet inconvénient s'étend du reste à tous les cycles écliptiques qui n'embrassent pas, à très-peu près, un nombre entier de périodes anomalistiques.

Nous allons rassembler en tableau les cycles écliptiques. Nous les rangeons toujours dans l'ordre de leurs durées. Nous continuons à employer les notations du § précédent.

1.

Période chaldéenne ou *Saros*.

18 J = 6 574|50
223 S = 6 585,32
242 D = 6 585,36
239 A = 6 585,54

2.

Période de *Uting*.

307 G = 112 129|45
3 803 S = 112 304,80
4 127 D = 112 304,80
4 076 A = 112 312,57

3.

Période d'*Hipparque*.

441 J = 161 075|25
5 458 S = 161 177,96
5 923 D = 161 177,90
5 849 A = 161 166,86

4.

Période de *Pingré*.

521 J = 190 295|25
6 444 S = 190 297,06
6 993 D = 190 295,07
6 905 A = 190 288,07

5.

Grande période chaldéenne.

557 J = 203 444|25
6 890 S = 203 465,75
7 477 D = 203 465,80
7 384 A = 203 465,96

Des tables pour trouver les positions approchées de la Lune, fondées sur la période de 18 ans, ont été données par *Burckhardt*, dans CdT, 1812, 293.

C'est aussi le cycle du Saros qui sert de base aux tables de *Newcomb*, qui ont cet avantage d'être présentées dans une forme analogue à celle des tables de la Lune de *Hansen*. Nous les avons déjà citées au § 104; mais il convient d'en répéter ici le titre :

2404. Newcomb, S. On the recurrence of solar eclipses with tables of eclipses from B. C. 700 to A. D. 2300. Washington, Ast, 1, part. 1, 1879.

On pourra voir, en outre :

2405. Snooke, W. D. Brief astronomical tables constructed on a simple plan for the expeditious calculation of eclipses in all ages, designed for the purpose of verifying dates; 8°, London, 1852.

2406. Hansen, P. A. Ecliptische Tafeln für die Conjunctionen des Mondes und der Sonne, nebst Angabe einer wesentlichen Abkürzung der Berechnung einer Sonnenfinsterniss. Leipzig, Ber, IX, 1857, 75.

Nous avons indiqué au § 104 les tables chronologiques d'éclipses calculées. Nous mentionnerons d'autre part, au chapitre XXIX, les tables d'éclipses observées. Mais il est peut-être bon de rappeler ici que l'explication des éclipses était connue fort anciennement. Celle de l'éclipse de Lune, par l'interposition de la Terre, était attribuée, en Grèce, aux pythagoriciens (*Plutarchus*, De placitis philosophorum [G], lib. II, cap. 29); celle de l'éclipse de Soleil, par l'interposition de la Lune, était due, disait-on, à *Thalès* (Ibid., lib. II, cap. 24). Il y a déjà dans *Geminus*, (Isagoge in phaenomena [G]), une bonne exposition du phénomène des éclipses.

Nous renvoyons d'ailleurs au chapitre XXIX, pour ce qui concerne l'histoire proprement dite des éclipses.

§ 229. CALENDRIER.

Les mouvements du Soleil et de la Lune servent de base au calendrier. Un grand nombre d'ouvrages élémentaires exposent les principes d'après lesquels se fait le compte du temps. Parmi ces ouvrages, nous mentionnerons les suivants :

2407. Rivard, D. F. Traité de la sphère et du calendrier; 8°, Paris, 1741. — Huit éditions, 8°, Paris, la dernière en 1837. La 5e édit., 1798, était revue et augmentée par *Lalande*; la 7e, 1816, par *Puissant*.

L'auteur a donné, à Paris, 8°, 1743, un Abrégé du traité de la sphère et du calendrier.

2408 Le Boyer, J. Traité complet du calendrier, considéré sous les rapports astronomique, commercial et historique, dans lequel on trouve les éphémérides de tous les peuples et de tous les temps; 8°, Nantes, 1822.

2409. Littrow, J. J. Calendariographie oder Anleitung alle Arten Kalender zu verfertigen; 8°, Wien, 1828.

2410. Frank, F. A. Calendographie, oder gründlicher Unterricht in der Kalender-Wissenschaft; 4°, Grätz, 1828.

2411. Mailly, E. Du calendrier. Dans *Quetelet, A.*, Almanach séculaire de l'Observatoire de Bruxelles, 12°, Bruxelles, 1854; p. 5.



2412. **Jahn, G. A.** Der Calenderfreund, ein sicherer Führer durch das Gebiet des Kalenders, der Zeitrechnung und Sternkunde; 8°, Leipzig, 1841. — 2e édit., 1855.

A côté de ces expositions élémentaires, il faut citer les calendriers appelés perpétuels, qui ont pour but de donner les éléments nécessaires au compte du temps, pour des durées indéfinies. Nous parlerons au chapitre XXVII des éphémérides annuelles, dont le but spécial est de fournir à l'avance aux astronomes la position des astres. Parmi les calendriers propres à donner le cours des dates pendant une durée indéfinie ou très-longue, on peut citer :

2413. **Benincasa, R.** Almanacco perpetuo; 8°, Napoli, 1582.

On connaît une quarantaine d'éditions de cet ouvrage, encore réimprimé, 12°, à Bassano, en 1820. Toutes ces éditions sont en un volume 8°, à l'exception des trois éditions de Venise de 1795, 1798 et 1816, qui ont deux volumes. L'édition de Bassano de 1720 est dans le format 4°. — L'édition de Naples de 1602 a reçu des additions considérables, par *O. Beltrano*, écrivant sous le pseudonyme de *T. Partenopeo*. Ces développements ont passé dans toutes les réimpressions postérieures, dans lesquelles le véritable nom de *Beltrano* a fini par paraître. — L'astronome aura peine à s'expliquer le grand succès de ce livre, où l'astrologie et les préjugés tiennent une place considérable. Aussi ne le citons-nous qu'à titre historique, et comme curiosité.

2414. **Fanello, M.** Calendario universale ecclesiastico e civile perpetuo; 8°, Venezia, 1758.

Avec un grand nombre de tables.

2415. **Francœur, L. B.** Théorie du calendrier et collection de tous les calendriers des années passées et futures; 18°, Paris, 1842.

Ce petit ouvrage faisait partie de la collection des Manuels édités par *Roret*.

2416. **Lersch, B. M.** Ewiges Kalendarium, zum gewöhnlichen Gebrauche und als Hülfsmittel chronologischer Studien eingerichtet; 8°, Münster, 1877.

A l'origine des civilisations, avant que l'on arrive à une combinaison satisfaisante entre le cours du Soleil et celui de la Lune, il y a souvent une longue hésitation entre les deux. Ainsi les anciens auteurs rapportent que l'on compta d'abord par mois (*Diodorus siculus*, Bibliotheca historica [G], lib. i; *Varron*, cité par *Lactantius*, Institutiones divinae [L], lib. ii, cap. 13; *Plinius*, Historia naturalis [L], lib. vii, cap. 48; *Stobaeus*, Eclogae physicae et ethicae, édit. d'Anvers, 1575, p. 22; *Suidas*,

Lexicon [G], au mot Hélios, t. II, p. 84). Puis on fit des périodes de deux mois (*Censorinus*, De die natali [L], cap. 19), puis de trois ou de quatre (*Plutarchus*, De vita Numae [G]; *Solinus*, Polyhistor [L], cap. 3; *Augustinus*, De civitate Dei [L], lib. xv, cap. 12). Ce furent les Égyptiens qui commencèrent l'année de douze mois (*Clemens alexandrinus*, Stromata [G], lib. i, cap. 16).

Mais on n'arriva d'abord qu'à l'année lunaire, de douze révolutions synodiques, ou 354 jours. C'était celle des Grecs, celle de Numa; c'est encore celle des Japonais.

La même hésitation se reflète dans le nombre de jours qui composait l'année. Ainsi, dans le calendrier de *Romulus*, il n'y en avait que 304 (*Solinus*, Polyhistor [L], part. i, cap. 2; *Macrobius*, Saturnalia [L], lib. i, cap. 12). Le calendrier de *Numa* en donnait 354 ou 355, et par conséquent il était arrivé à l'année lunaire (*Ovidius*, Fasti [L], lib. iii, v. 151; *Solinus*, Polyhistor [L], loc. cit.; *Macrobius*, Saturnalia [L], lib. i, cap. 13). Enfin *César* introduisit à Rome l'année égyptienne de $365\frac{1}{4}$ j (*Plinius*, Historia naturalis [L], lib. xviii, cap. 25; *Suetonius*, De vita Caesaris [L]; *Dion Cassius*, Historia romana [G], lib. xliii; *Solinus*, Polyhistor [L], cap. 3; *Censorinus*, De die natali [L], cap. 10; *Macrobius*, Saturnalia [L], lib. i, cap. 14).

Il est puéril de vouloir établir une correspondance entre les lunaisons et les mois de notre année solaire. Toutefois, comme suite de la distribution des 235 lunaisons dans la période de 19 années, on a donné cette règle que les lunaisons doivent porter le nom du mois dans lequel elles finissent (JdS_1, 1771, déc.; CdT, 1775, 251; 1774, 255).

Les divers peuples ont imaginé des combinaisons différentes pour compter le temps, en le fractionnant en périodes plus ou moins exactement réglées. La connaissance de ces calendriers est nécessaire pour reporter, dans notre manière de compter, les dates exprimées sous une forme différente.

De ces différents calendriers, ceux qui ont pour nous le plus d'importance, sont ceux de l'antiquité classique. Une des meilleures études qu'on puisse consulter à cet égard est celle que *Beckmann* a insérée dans ses Beyträge zur Geschichte der Erfindungen, 5 vol. 8°, *Leipzig*; vol. I, 1784, p. 106 (voir § 44, n° 265).

On verra ensuite :

2417. **Eber[us], P.** Calendarium historicum; 8°, Basileae, 1550.

L'auteur donne les calendriers égyptien, grec, macédonien, hébreu et romain. C'est dans cet ouvrage que se trouve le premier essai d'éphémérides historiques, chaque jour étant marqué par le souvenir de certains événements.

2418. **Friedleben, T.** Kalenderbuch, vollständig ausgeführt für die beiden christlichen, den judischen und türkischen Kalender, einschliesslich der chronologischen Kennzeichen und Zirkel eines jeden Jahres von 1701 bis 2000 und von Jahr 1 bis 2000 für die christlichen Zeitrechnung; 4°, Frankfort a. M., 1834. — 2e édit., 1840.

2419. Bouchet, U. Hémérologie, ou traité pratique complet des calendriers italien, grégorien, israélite et musulman, avec les règles de l'ancien calendrier égyptien; 8°, Paris, 1868.

Pour le système d'intercalation des anciens grecs, on pourra consulter : *Herodotus*, Historia [G], lib. II, cap. 4; *Cicero*, Orationes in Verrem [L], lib. II, cap. 129.

On trouvera du reste une étude précieuse sur le compte du temps en Grèce dans :

2420. Fréret, N. Éclaircissement sur la nature des années employées par l'auteur de la chronique de Paros. Paris, Ins, XXVI, 1759, 200.

Les calendriers successifs des Romains se trouvent exposés dans :

2421. Stoeffler, J. Calendarium romanum magnum; fol., Oppenheym, 1518.

2422. Gassendus, P. Romanum calendarium compendiose expositum; 4°, Parisiis, 1654. — Reproduit : Gassendus, Opa, V, 1658, 545; V, 1727, 485

Le meilleur guide, dans le dédale que le calendrier de Rome présentait avant la réforme julienne, est le mémoire de

2423. La Nauze, L. J. de. Le calendrier romain, depuis les décemvirs jusqu'à la correction de Jules César. Paris, Ins, XXVI, 1759, 219.

L'année lunaire est celle des peuples sémitiques. Cependant l'année solaire ne leur est pas inconnue. Les Hébreux, par exemple, avaient une année solaire, qui commençait vers l'équinoxe d'automne (Leviticus, cap. 25, 25; Ezechiel, cap. 40).

On peut voir du reste :

2424. Ideler, C. L. Ueber die bei den morgenländischen Völkern gebräuchlichen Formen des julianischen Jahres. Berlin, Abh, 1816-17, Phil, 215.

C'est ici le lieu de citer le grand ouvrage de

2425. Munster[us], S. Kalendarium hebraicum; 4°, Basileae, 1527.

On peut consulter encore sur le calendrier juif :

Petavius, Doc, I, 1627, lib. IX, cap. 5.

Casali[us], De veteribus sacris christianorum ritibus, fol., Romae, 1647; cap. 62.

Quant au calendrier des Arabes et des peuples qui ont adopté l'islamisme, on verra :

2426. Mahmoud. Mémoire sur le calendrier arabe avant l'islamisme. Bruxelles, Mcr, XXX, 1861, n° 7.

2427. Francœur, L. B. Sur le calendrier des mahométans. Bfm, X, 1828, 556. — Reproduit : CdT, 1844, 111.

Pour la période du moyen âge, consultez :

2428. Haltaus C. G. Calendarium medii aevi praecipue germanicum; 8°, Lipsiae, 1729. — Réimpr., 1772.

Traduction.

Kalender des Mittelalters vorzüglich in Deutschland (par *W. F. Z. Scheffer*); 4°, Erlangen, 1794.

L'auteur s'applique à restituer, d'après les monuments, les anciennes désignations des mois, des jours et des fêtes.

Sur le calendrier persan, et en particulier sur l'intercalation que *Chata* et *Igur* ont introduite dans ce calendrier au commencement du XVe siècle, on verra :

2429. Ideler, C. L. Ueber die Zeitrechnung von Chatá und Igûr. Berlin, Abh, 1832, Phil, 271.

A la première révolution française, un remaniement dans les subdivisions de l'année fut tenté pendant quelque temps. Il pourra être utile, pour la conversion des dates, d'avoir sous la main un tableau de correspondance. Un pareil tableau, comprenant la période pendant laquelle le calendrier républicain a été usité, se trouve dans :

2430. Quetelet, A. Concordance des calendriers républicain et grégorien. Bruxelles, Ann, 1842, 275.

Sur le calendrier des Aztèques, et sur sa comparaison avec les calendriers asiatiques, on verra l'intéressant mémoire de

2431. Humboldt, A. de. Relief en basalte, représentant le calendrier mexicain.

Dans son ouvrage : Vues des Cordillères et monuments des peuples indigènes de l'Amérique, fol., Paris, 1810; pl. xxiij et texte correspondant. — Reproduit dans l'édit. en 2 vol. 8°, Paris; t. I, pl. viij, p. 332.

Ajoutons, sur le calendrier des Javanais :

2452. **Oudemans, J. A. C.** Mededeeling betreffende de sterrebeelden, wier hoogte boven den horizon, op een bepaald oogenblik van den nacht, door de Javanen ten behoeve van den landbouw geraadpleegd wordt. Amsterdam, Ver$_2$, XVI, II, 1881, 177.

L'année égyptienne, d'abord vague, c'est-à-dire de 365 jours seulement, amenait un empiétement rapide des phénomènes astronomiques annuels sur les dates du calendrier. En 1461 de ces années vagues, l'empiétement était d'une année entière. La concordance primitive était alors rétablie. Cette durée s'appelait la période sothiaque, qui ramenait à la même date civile le lever héliaque de α Canis majoris (*Censorinus*, De die natali [L], cap. 18).

Le seul moyen d'éviter cette circulation des phénomènes, c'était de recourir à des intercalations. Mais celles-ci devenaient un grand obstacle à la régularité des subdivisions.

Cette difficulté a été abordée, par les différents peuples, de différentes manières. L'une des plus simples, mais non la plus rigoureuse, était l'addition égyptienne d'un jour tous les quatre ans. Elle a fini par faire place à l'intercalation grégorienne, au sujet de laquelle on verra les ouvrages indiqués plus loin, à l'occasion de la réforme de notre calendrier européen. Nous allons d'abord comparer entre eux les divers degrés d'approximation, réalisés par les systèmes d'intercalation les mieux combinés.

Nous avons déjà mentionné l'intercalation des Perses. Par suite de la répartition par 13, usitée chez les Aztèques, le cycle de ce peuple était de 4 × 13 ou 52 ans, et l'intercalation étant alternativement de 13 puis de 12 jours, sur les cycles successifs, il en résultait 25 jours intercalaires en 104 ans.

Voici les résultats des différents systèmes d'intercalation, dans l'ordre de leur degré d'approximation.

Nature des années.	Valeur en jours.	Intervalle nécessaire pour produire un jour d'inexactitude.
—	—	—
Année astronomique	365^j,242 20	»
— grégorienne	242 50	30 siècles.
— persane	242 80	15 —
— aztèque	240 30	5½ —
— julienne	250 00	120 ans.
— vague	000 00	4 ans env.

Nous allons suivre un instant le développement, dans l'histoire, du système d'intercalation propre à notre calendrier.

L'intercalation égyptienne d'un jour en quatre ans avait été introduite, chez les Grecs, en — 360, par *Eudoxe* de Cnide (*Diogenes laertius*, De vitis... clarorum philosophorum [G], lib. III, cap. 86). On sait qu'elle ne fut portée à Rome que par l'initiative de César.

Le calendrier réformé, appelé julien, fut inauguré, dans le domaine romain, l'an — 44. *Sosigènes* en avait fourni les bases (*Plinius*, Historia naturalis [L], lib. II, cap. 8; lib. XVIII, cap. 25).

Sur l'introduction de cette réforme, on a une notice de :

2453. **Lepsius, C. R.** Ueber die Einführung des alexandrinischen Kalenders unter Augustus. Berlin, Mbr, 1859, 182.

L'année dite « de confusion », à laquelle 67 jours furent ajoutés pour rétablir une prétendue concordance, tombe en l'an — 46 de notre ère. Sur cette singulière année, on peut consulter :

Censorinus, De die natali [L], cap. 20.

Macrobius, Saturnalia [L], lib. I, cap. 14.

Scaliger, De emendatione temporum, lib. II et lib. IV; p. 167 et 228 de la réimpr. de Genève de 1629.

Petavius, Dos, I, 1627; lib. IV, cap. 1; lib. X, cap. 61.

L'intercalation étant trop fréquente, l'anticipation des phénomènes annuels dans le rang des dates devait un jour devenir sensible. Ce point est indiqué, pour la première fois, dans une dissertation de *Bède* :

2454. **Beda.** De temporum ratione.

Traité du VIIIe siècle, inséré dans les œuvres imprimées de *Bède* (voir § 67, n°s 777 et 778).

Au XIIIe siècle, l'anticipation des phénomènes annuels sur les dates du calendrier frappa nettement l'attention (*De Sacrobusto*, Libellus de anni ratione seu ut vocatur vulgo computus ecclesiasticus, 8°, Witebergae, 1538. — Annexé aux éditions de sa Sphaera dites de *Melanchton*, voir § 59, n° 590). A mesure qu'on avançait, les différences allaient toujours en augmentant. En 1414, *Pierre d'Ailly* (Petrus *de Alliaco*) écrivit son Tractatus de correctione calendarii, qu'on trouvera à la suite de son Tractatus de imagine mundi, fol., *Lovanii*, 1480 (voir § 59, n° 608). Ce mémoire était destiné au Concile de Constance, alors assemblé, et posa pour la première fois, dans le monde officiel, la question de la réforme du calendrier julien.

Sur l'histoire de cette réforme, et les principes sur lesquels est fondé le calendrier grégorien, l'ouvrage capital est celui de

2435. Clavius, C. Romani calendarii a Gregorio XIII restituti explicatio; fol., Romae, 1603.

Ce traité, qui donne l'idée la plus complète des éléments de la réforme grégorienne, est réimprimé au vol. V des Opera de *Clavius* (voir § 67, nº 782).

Nous indiquerons en outre :

2436. Blondel, F. Histoire du calendrier romain, qui contient son origine et les divers changements qui lui sont arrivés; 4°, Paris, 1682. — Réimpr.; 12°, La Haie, 1684; 4°, Paris, 1699.

C'est un des meilleurs ouvrages qu'on puisse consulter sur ce sujet.

2437. Brady, J. Clavis calendaria, or a compendious analysis of the calendar, illustrated with ecclesiastical, historical, and classical anecdotes; 2 vol. 8°, London, 1810. — Réimp., 1813 et 1815.

Enfin on trouvera les formules pour le calcul de la Pâque dans :

2438. Gauss, C. F. Berechnung des Osterfestes: MCz, II, 1800, 121. — Reproduit : Gauss, Wrk, VI, 1874, 73.

Voyez une correction indiquée par l'auteur : ZfA, I, 1816, 158.

2439. Ciccolini, L. Formole analitiche pel calcolo della pasqua Biblioteca italiana ossia giornale di letteratura, scienze ed arti, 8°, Milano; vol. XIII, 1819, p. 350.

2440. Calandrelli, G. Formole analitiche della pasqua. Giornale arcadico di scienze, lettere ed arti, 8°, Roma; vol. XVI, 1822, p. 172.

§ 230. CHRONOLOGIE.

Pour l'astronome, le point principal dans la chronologie est la transformation des dates, exprimées dans une échelle quelconque, en dates de notre calendrier. On rapporte d'ordinaire les dates chinoises, assyriennes, alexandrines, grecques, romaines et autres, au calendrier julien. On les exprime donc en années, mois et jours de ce calendrier. Ce système n'est pas sans difficulté ni sans complication. L'élément étant le jour, il semblerait plus naturel et plus simple de dater les observations astronomiques en jours, par exemple d'après le rang que le jour occupe dans la période julienne de *Scaliger*, comme *Peirce* l'a entrepris dans ses tables de la Lune (voir plus haut § 211, nº 2305). Le grand nombre de jours composant les intervalles n'est pas un obstacle, toutes les unités étant égales entre elles, tandis que les années ne le sont pas.

L'astronome qui voudra se préparer à l'identification des dates auxquelles sont rapportées des observations à nous transmises par l'antiquité, devra étudier d'abord :

2441. Ideler, C. L. Handbuch der mathematischen und technischen Chronologie; 2 vol. 8°, Berlin, 1825.

Ouvrage classique, dans lequel sont fixés magistralement les grands points de repère de la chronologie, tels que l'origine des olympiades, la mort d'Alexandre, la fondation de Rome.

2442. Friedleben, T. Lehrbuch der Chronologie oder Zeitrechnung und Kalenderwesen ehemaliger und jetziger Völker; 8°, Frankfurt a. M., 1827. — 2ᵉ édit., 1840.

2443. Biot, J. B. Résumé de chronologie astronomique. Paris, Mem., XXII, 1849, 209.

2444. Martin, H. Mémoire où se trouve restitué pour la première fois le calendrier luni-solaire chaldéo-macédonien. Revue archéologique, ou recueil de documents et de mémoires relatifs à l'étude des monuments . . . , 8°, Paris; vol. IX, 1853, cah. iij.

L'auteur présente ce travail comme un complément à la Chronologie astronomique de *Biot* (Paris, Crh, XXXVII, 1853, 543).

On pourra suivre l'application des méthodes de la chronologie, dans les ouvrages importants que les bénédictins de Saint-Maur, et parmi eux principalement *Clément*, avaient préparés, sous le titre d'Art de vérifier les dates. Cette œuvre immense, qui comprend en même temps un récit des faits historiques, se compose comme suit :

2445. [Clément, C.] L'art de vérifier les dates des faits historiques, des chartes, des chroniques . . . depuis la naissance de J.-C.; 4°, Paris, 1750. — 2ᵉ édit., fol., Paris, 1770; 3ᵉ édit., fol., Paris, 1787; édition continuée par *N. V. de Saint-Allais*, 18 vol. 8°, Paris, 1818-1819.

Une autre continuation, qui va jusqu'en 1827, commençant à 1770, a été donnée par *J. B. P. J. de Courcelles*, 19 vol. 8°, Paris, 1821-1844. Les continuations de l'Art de vérifier les dates n'ont de prix qu'au point de vue de l'historien.

2446. [Clément, C.] Art de vérifier les dates des faits historiques, des chroniques et autres anciens monuments avant l'ère chrétienne; fol., Paris, 1820. — Deux autres éditions de la même année, l'une 4°, l'autre 5 vol. 8°.

Publié par *N. V. de Saint-Allais*, d'après le manuscrit des bénédictins.

Voici l'indication des recherches d'érudition, par lesquelles on est parvenu, grâce aux observations astronomiques, à établir la concordance entre les ères diverses et notre calendrier.

2447. **Mercator, G.** Chronologia, hoc est temporum demonstratio exactissima, ab initio mundi usque ad annum domini 1568, ex eclipsibus et observationibus astronomicis omnium temporum summa fide concinnata; fol., Coloniae, 1569.

2448. **Scaliger, J. J.** Opus novum de emendatione temporum; fol., Lutetiae, 1583. — Réimpr., Lugduni Batavorum, 1598; Genevae, 1629.

2449. **Calvisius, S.** Opus chronologicum ex autoritate potissimum S. Scripturae et historicorum fide dignissimorum, ad motum luminarium coelestium tempora et annos distinguentium; 4°, Lipsiae, 1606. — 2ᵉ édit., fol., Francofurti, 1612; 3ᵉ édit., 1629; 4ᵉ édit., 1650; 5ᵉ édit., 1685.

Le titre des dernières éditions offre quelques variantes. L'auteur emploie près de trois cents éclipses pour régler sa chronologie. Les rapprochements entre les mouvements célestes et les époques de l'histoire sont établis avec beaucoup d'érudition.

2450. **Hohenburg, J. G. Herwart von.** Nova, vera et exacta ad calculum astronomicum revocata chronologia; 4°, Monachii, 1612.

2451. **Petavius [Petau], D.** Opus de doctrina temporum; 3 vol. fol., Parisiis, 1627-1636. — Réimprimé quatre fois. (Voir § 68, n° 867.)

2452. **Ricciolus, J. B.** Chronologia reformata et ad certas conclusiones redacta; fol. Bononiae, 1669.

2453. **Frank, J. G.** Prolusio [Novum systema] chronologiae fundamentalis, qua omnes anni ad Solis et Lunae cursum accurate describi... possunt; 4°, Gotingae, 1771. — Réimp., avec de légères modifications, fol., Gotingae, 1778.

Traduction.

Den åldrståldа bibliska calendern (par *J. Geringius*); 4°, Upsala, 1810.

2454. **Pilgram, A.** Calendarium chronologicum medii potissimum aevi monumentis accomodatum; 4°, Vindobonae, 1781.

CHAPITRE XV.

MARS.

---

§ 231. MOUVEMENTS ET TABLES.

Aristote parle d'une occultation de Mars par la Lune en quadrature (*Aristoteles*, De coelo, lib. II, cap. 12), dont la date a été fixée par *Képler* (Ad Vitellionem paralipomena, 4°, Francofurti, 1604; cap. 8, n° 5. — Reproduit : Keplerus, Opa, II, 1859, 322) au 4 avril de l'an — 356.

Le 18 janvier — 271, Mars fut observé en appulse avec β Scorpii (Ptolemaeus, MCo, lib. x, cap. 9).

Une occultation de cette planète par la Lune, suivie par les Chinois à Si-gan-fou, le 14 février — 68 (*Gaubil*, dans CdT, 1810, 300. — Comparez : London, MNt, XXXVII, 1877, 243), est la plus ancienne occultation observée régulièrement, qui soit mentionnée dans l'histoire de la science.

La première opposition de Mars, constatée astronomiquement, fut celle dont *Ptolémée* détermina le moment, le 14 décembre de l'an + 130 (Ptolemaeus, MCo, lib. x, cap. 7).

Comme monographies sommaires de Mars, on peut citer :

2455. **Arago, F.** Mars. Arago, Apo, IV, 1857, 121.

2456. **Proctor, R. A.** The planet Mars. The intellectual observer, a review of natural history, 8°, London; vol. X, 1867, p. 406.

2457. **[Falb, R.]** Der Planet Mars. Sirius, Zeitschrift für populäre Astronomie, 8°, Leipzig; vol. X, 1877, p. 40.

Mars fut la première planète pour laquelle *Képler* trouva que l'orbite est elliptique, avec le Soleil à l'un des foyers (*Keplerus*, Astronomia nova, fol., Pragae, 1609; p. 213. — Reproduit : Keplerus, Opa, III, 1869, 401). C'est de toutes les planètes supérieures celle dont l'excentricité est la plus considérable. Cet élément a pour Mars

une grande importance; aussi a-t-il fait souvent l'objet de recherches spéciales. Parmi les discussions destinées à fixer la valeur E de la plus grande équation du centre, il faut citer les suivantes :

J. Cassini, d'après les observations de *Ptolémée*, pour l'an + 134 (Cassini, Elm, 1740, 472),

$$E = 10^\circ 49'.$$

J. J. de Lalande, par les oppositions depuis 1762 jusqu'en 1773 (Paris, H & M, 1775, 252),

$$E = 10^\circ 10' 47''.$$

Lichtenberg, d'après *T. Mayer* (BaJ, 1792, 103),

$$E = 10^\circ 40' 34''.$$

Oriani, pour l'époque 1750 (EpM, 1801, 33),

$$E = 10^\circ 41' 15'',3 + 0'',372\ t.$$

Ici, ainsi que dans tout ce qui suit, la lettre *t* représente le nombre d'années juliennes écoulées depuis l'époque.

Triesnecker, pour l'époque 1750 (EpV, 1795, app.; comparez : MCs, II, 1800, 550, 551),

$$E = 10^\circ 41' 9'',5 + 0'',363\ 5\ t.$$

Von Lindenau, pour l'époque 1800 (Tabulae Martis; 4°, Eisenberg, 1811),

$$E = 10^\circ 41' 35'',1 + 0'',373\ 5\ t.$$

Le Verrier, pour l'époque 1850 (Paris, MOb, VI, 1861, 344),

$$E = 10^\circ 41' 51'',48 + 0'',394\ 7\ t.$$

La position du périhélie avait d'autant plus d'intérêt qu'en raison de la grande excentricité, elle est facile à déterminer, et qu'ainsi le mouvement de la ligne des apsides, déduit de l'observation, permettait une comparaison importante avec celui fourni par la théorie. *J. Cassini*, en discutant les observations de *Ptolémée*, plaçait ce périhélie, en + 135, par la longitude de 299° 24′; et d'après les observations de Greenwich et de Paris, de 1691 à 1700, il trouvait 330° 51′ 34″ pour l'époque 1696 (Cassini, Elm, 1740, 478). Il en résultait un mouvement annuel de 71″,8, d'environ 5½″ plus fort que celui fourni par la théorie.

Pour la longitude du nœud, le point de repère le plus ancien, d'une certaine exactitude, est celui que *J. Cassini* a fixé d'après les observations de *T. Brahé*, qui lui donnent, réduit au commencement de 1596, pour le nœud ascendant, 46° 24′ 58″ (Cassini, Elm, 1740, 488). *Delambre*, en comparant entre elles les observations de *T. Brahé*, *J. Cassini*, *Flamsteed* et *La Caille* a trouvé le mouvement du nœud de + 28″ par an (Lalande, Ast_3, II, 1792, 95).

Les inégalités du mouvement elliptique de Mars sont calculées dans les mémoires dont voici les titres :

2458. Lalande, J. J. de. Mémoire sur les inégalités de Mars produites par l'action de Jupiter. Paris, H & M, 1758, 12.

2459. Lalande, J. J. de. Mémoire sur les inégalités de Mars produites par l'action de la Terre. Paris, H & M, 1761, 259.

2460. Schubert, F. T. De perturbatione motuum Martis. Petropolis, NAc, X, 1797, 419.

2461. Zach, F. X. von. Gleichungen des Mars. BaJ, Sup, III, 1797, 4.

2462. Schubert, F. T. Sekular- und periodische Gleichungen des Mars durch die Wirkung der Planeten.

Dans sa Theoretische Astronomie, 3 vol. 4°, St. Petersburg; t. III, 1798, p. 228, 236.

2463. Oriani, B. De aequationibus motus Martis ab attractione aliorum planetarum prodeuntibus. EpM, 1800, 65. — Reproduit : von *Zach*, Allgemeine geographische Ephemeriden, 8°, Weimar; vol. IV, 1799, p. 259.

2464. Wurm, J. F. Ueber die Störungen des Planeten Mars. MCs, II, 1800, 41.

Avec une correction : MCs, VII, 1803, 495.

2465. Wurm, J. F. Störungen des Mars durch Venus, Erde und Jupiter, berechnet. BaJ, 1802, 153.

2466. Laplace, P. S. de. Théorie de Mars. Laplace, TMc, III, 1802, liv. VI, ch. 11.

2467. Schubert, F. T. Théorie de Mars. Petropolis, NAc, XIV, 1805, 674, 695.

2468. Schubert, F. T. Inégalités séculaires et inégalités périodiques de Mars.

Dans son Traité d'Astronomie théorique, 3 vol. 4°, Hambourg; t. III, 1834, p. 395, 396.

2469. Pontécoulant, G. de. Théorie de Mars.

Dans son Exposition analytique du système du monde, 4 vol. 8°, Paris; t. III, 1834, p. 428.

2470. Le Verrier, U. J. Théorie du mouvement de Mars. Paris, MOb, VI, 1861, 185, 415.

2471. Neison, E. On terms of long period in the mean motion of Mars. London, MNt, XXXVIII, 1878, 457.

Il y a un aperçu historique sur la théorie et les tables de Mars, par von *Lindenau*, dans MCs, XXIII, 1811, 209.

Voici maintenant la liste des tables modernes de la planète Mars :

2472. Hell, M. Tabulae planetarum ... Martis ...; 8°, Viennae, 1764.

D'après les tables de *J. Cassini*.

2473. Triesnecker, F. v. P. Tabulae Martis emendatae. EpV, 1789, app. — Nouvelle édition, EpV, 1805, app.

2474. Lalande, J. J. de & Lalande, M. J. J. de. Tables de Mars. CdT, 1790; 281. — Nouvelle édition, CdT, an XII [1804], 334.

2475. Lindenau, B. de. Tabulae Martis novae et correctae; 4°, Eisenberg, 1811.

2476. Le Verrier, U. J. Tables générales du mouvement de Mars. Paris, MOb, VI, 1861, 509.

Nous choisirons comme éléments de Mars, les suivants, qui ont été successivement les plus réputés.

Nous représentons toujours par la lettre t le nombre d'années juliennes écoulées depuis l'époque.

1800. Oriani, par une discussion des observations modernes (EpM, 1801, 32, 96).

Époque 1750, janv. 0,0 t. m. Paris.

Longitude moyenne	21°38′ 52″,5 + 689 051″,006	t,
— du périhélie	331 28 15.7 + 66,0	t,
— du nœud ascendant	47 37 50,0 + 26,6	t,
Inclinaison	1 51 2.4 — 0,0	t,
Excentricité	0,093 173 7 + 0,000 000 806	t.

1804. M. J. J. de Lalande, par les observations modernes. (CdT, an XII [1804], 334).

Époque 1800, janv. 0,0, t. m. Paris.

Longitude moyenne	232°34′ 9″,6 + 688 620″,4	t,
— du périhélie	332 23 17 + 67,0	t,
— du nœud	48 1 1 + 27.33	t,
Inclinaison	1 51 3,5 — 0	t,
Plus grande équation du centre.	10 41 34,8 + 0,370	t.

1811. Von Lindenau, par les observations du siècle dernier (Tabulae Martis novae et correctae; 4°, Eisenberg).

Époque 1800, janv. 0,0 t. m. Seeberg.

Longitude moyenne	232°33′ 23″,2 + 689 082″,240 4	t,
— du périhélie	332 22 51,0 + 65,826	t,
— du nœud	47 59 38,4 + 23,00	t,
Inclinaison	1 51 6,2 — 0,001 5	t,
Excentricité	0,093 216 8 + 0,000 000 901 76	t.

1861. Le Verrier, par la discussion des observations de Greenwich et de Paris (Paris, MOb, VI, 509, 510).

Époque 1850; janv. 1,0 t. m. Paris.

Longitude moyenne	83°40′ 31″,33 + 689 101″,053 75 t + 0″,000 113 41 t^2,
— du périhélie	333 17 53,67 + 66.241 1 t + 0,000 120 93 t^2,
— du nœud	48 23 53.1 + 27,002 t — 0,000 217 t^2,
Inclinaison	1 51 2,28 — 0,024 31 t + 0,000 000 45 t^2,
Excentricité	0,093 261 13 + 0,000 000 954 06 t — 0,000 000 000 012 t^2.

Pour l'observateur placé sur la planète Mars, la Terre doit, à de certaines intervalles, passer devant le disque du Soleil. Ainsi que *Marth* en a fait la remarque, un phénomène de ce genre a dû arriver, par exemple, le 12 novembre 1879 (London, MNt, XXXIX, 1879, 315).

§ 232. DIAMÈTRE.

Les mesures ci-dessous du diamètre de Mars sont exprimées par rapport à la distance 1, ou distance moyenne de la Terre au Soleil.

Valeurs attribuées au diamètre de Mars.

Avant l'invention du télescope.

	Diamètre équatorial.	Aplatissement.
900 ∓ ALFRAGAN. (*Alfraganus*, Elementa astronomica [A]; diff. XXII.)	94″	»
880. ALBATEGNIUS. (De motu stellarum [A]; cap. 50.) . .	94	»
1528. FERNEL. (Cosmotheoria, fol., Parisiis; lib. I.)	89	»
1568. URSTITIUS. (Theoricae novae planetarum Purbacchii; 8°, Basileae.)	480	»
1577. E. DANTI. (Le scienze matematiche ridotte in tavole, 4°, Bologna; n° XXII.)	88	»
1602. T. BRAHÉ. (Braheus, AlP, 1602, 468. — Reproduit : Brahe, Opa, 1648, 294.)	100	»

En faisant usage du télescope.

	Diamètre équatorial.	Aplatissement.
1620. KÉPLER. (Keplerus, Epi, fasc. II, 485. — Reproduit : Keplerus, Opa, VI, 1866, 526.)	296	»
1633. VAN DEN HOVE. (*Hortensius*, Dissertatio de Mercurio in Sole viso et Venere invisa; 4°, Lugduni Batavorum.).	36,5	»
1644. HÉRIGONE. (*Herigonus*, Cursus mathematicus, 6 vol. 8°, Parisiis; t. V, p. 62.)	36	»
1651. F. M. GRIMALDI. (Riccioius, Alm, I, 1651, 708. — Comparez : Riccioius, Ara, I, 1665, 357.)	22,0	»
1659. HUYGENS, au micromètre. (*Hugenius*, Systema saturnium, 4°, Hagae Comitis. — Reproduit : *Hugenius*, Opera varia, édit. 1724, 2 vol. 4°, Lugduni Batavorum; vol. II, p. 594.)	19,7	»
1738. MARTIN, d'après les données de *Whiston*. (*Martin, B.*, Grammatica philosophica; 8°, London.)	18,6	»

	Diamètre équatorial.	Aplatissement.
1746. LE MONNIER, d'après *Huygens*. (Lemonnier, Ins, 556.)	9,9	»
1772. PICARD, au micromètre. (Voyage d'Uranibourg [1680], observ. à la suite, p. 34; dans Paris, ROb, 1693. — Reproduit : Paris, His, VII, 1730, 330. Aussi dans ses Œuvres mathématiques; 4°, Amsterdam, 1736.)	11,4	»
1777. ROCHON, avec son micromètre à double image. (Recueil de mémoires sur la mécanique et la physique, 8°, Paris, 1783; p. vj.).	10,2	»
1784. W. HERSCHEL, au micromètre, par ses observations de 1781-1783. (London, PTr, 1784, 271, 273.)	9,18	$\frac{1}{16,3}$
1790. MASKELYNE. (Cité par *Hind*, The solar system; 8°, London, 1851.)	»	Insensible.
1798. KÖHLER, au micromètre. (*Von Zach*, Allgemeine geographische Ephemeridèn, 8°, Weimar; vol. II, 1798, p. 494.)	9,096 4	$\frac{1}{56,6}$
1797. SCHROETER, par ses observations micrométriques de 1798. (Manuscrit cité par *Terby* dans Bruxelles, Mor, XXXVII, 1873, n° 5; p. 59, 26. — — Comparez : BaJ, 1802, 104 et MCz, II, 1800, 73.)	9,84	< $\frac{1}{81}$
1824. J. J. LITTROW. (Theoretische und practische Astronomie, 3 vol. 8°, Wien; vol. II, p. 589.)	8,87	»
1828. HARDING. (BaJ, 1828, 175.)	»	Douteux.
1837. BESSEL, observations micrométriques à Königsberg, aux oppositions de 1830-1837. (Königsberg, Bco, XXIII, 94-96. — Calculé par *Oudemans*, dans ANa, XXXV, 1853, 354.)	9,327 86	Insensible.
1847. ARAGO, au micromètre à double image, par ses observations de 1845-1847. (Arago, OEu, XI, 1859, 254.)	9,57	1/[illegible]
1852. M. J. JOHNSON, avec l'héliomètre d'Oxford. (Oxford, Res, XI, 292.)	8,992	Disque allongé.

	Diamètre équatorial.	Aplatissement.
1854. PEIRCE, par les observations de 1845 et 1846 au mural de Washington. (AJl, III, 16.)	10″,110	»
1855. MAIN, au micromètre à double image. (London, MAS, XXV, 45.)	9,84	$\frac{1}{[illegible]}$
1856. GILLISS, au micromètre filaire; calculé par *Gould*. (The U. S. naval astronomical expedition to the Southern hemisphere, 4°, Washington; vol. III, p. cclxxxv.)	15,26	»
1858. WINNECKE, par ses mesures micrométriques de 1856. (ANn, XLVIII, 97.)	9,215	Insensible.
1861. LE VERRIER, valeur adoptée dans ses tables. (Paris, MOb, VI, 412.)	11,10	»
1862. MAIN, par des mesures micrométriques à Oxford. (Oxford, Res, XXII, 169.)	9,56	$\frac{1}{[illegible]}$
1864. MAIN, par les mesures micrométriques d'Oxford, à l'opposition de 1862. (London, MAS, XXXII, 112.)	9,577	$\frac{1}{[illegible]}$
1864. MAIN, par des mesures micrométriques à Oxford. (Oxford, Res, XXIV, 178.).	9,18	»
1864. KAISER, par ses mesures micrométriques à Leide, à l'opposition de 1862. (ANn, LXII, 52.)	9,318	$\frac{1}{118}$
1864. WINNECKE, en discutant les observations de passages de Poulkova. (St. Pétersbourg, Mém, VI, n° 7. — Réduit pour la phase par *Engelmann*, dans ANn, LXXXII, 1873, 348.)	9,83	»
1864. DAWES, au micromètre (*Webb*, Celestial objects for common telescopes, 16°, London; 3° édit., 1873, p. 136; 4° édit., 1881, p. 147.)	»	Insensible.
1865. J. F. J. SCHMIDT, par ses mesures micrométriques de 1845. (ANn, LXV, 101.)	9,456	»
Par celles de 1854 et de 1856. (Ibid.)	9,734	»
1871. MAIN, par des mesures micrométriques à Oxford. (Oxford, Res, XXXI, 219.)	9,25	$\frac{1}{[illegible]}$

	Diamètre équatorial.	Aplatissement.
1875. ENGELMANN, par ses mesures micrométriques à l'opposition de 1873. (ANn, LXXXII, 345.)	9″,403	»
1875. MAIN, par des mesures micrométriques à Oxford. (Oxford, Res, XXXIII, 220.)	9,185	$\frac{1}{[illegible]}$
1878. H. S. PRITCHETT, par ses mesures micrométriques à l'opposition de 1877. (ANn, XCIII, 377.)	9,870	Insensible.
1879. HARTWIG, par ses mesures à l'héliomètre, en 1877-1878. (Leipzig, Pub, XV, 46.)	9,421	$\frac{1}{[illegible]}$
1880. H. S. PRITCHETT, par ses observations micrométriques de 1879. (ANn, XCVII, 73.)	9,486	»
1880. C. A. YOUNG, au micromètre. (AJS$_3$, XIX, 206.)	»	$\frac{1}{219}$
1881. DOWNING, par les observations au cercle méridien de Greenwich, en 1851-1865. (London, MN4, XLI, 44.)	9,697	»
1881. E. J. STONE, en discutant les observations de Greenwich au cercle méridien, en 1851-1865. (London, MN4, XLI, 150.)	10,75	»

Indépendamment des mesures précédentes, il existe un certain nombre d'observations qui n'ont pas été réduites. Parmi celles-ci, on peut indiquer, comme constituant les sources les plus importantes :

2477. Zach, F. X. Von. Mars. BaJ, Sup, II, 1795, 50.

Mesures par divers astronomes du XVIII° siècle.

2478. Encke, J. F. & Galle, J. G. Mars Durchmesser. Berlin, Beo, I, 1840, 146; III, 1848, 255.

Mesures de 1836-1839 et de 1843. Outre les diamètres, il y a des angles de position de la tache polaire septentrionale.

2479. Secchi, A. Osservazioni di Marte fatte durante l'opposizione nel 1858. Roma, MOs$_3$, I, 1859, 17.

2480. Ellery, R. L. J. Observations of polar and equatoreal diameter of Mars, near opposition 1877. London, MN4, XXXVIII, 1878, 409.

A l'aide d'un équatorial de 0m,20 d'ouverture et de 3m,7 de longueur focale.

§ 233. MASSE.

La première évaluation de la masse de Mars était purement hypothétique. *L. Euler* l'avait donnée, en même temps que celle des masses de Mercure et de Vénus, ainsi qu'on l'a dit plus haut (§ 176 et 184). Voyez Paris, Rec, VIII, 1771, 123. Nous passerons immédiatement aux valeurs obtenues d'une manière directe. Les chiffres expriment la masse du système de Mars, comprenant la planète et ses deux satellites, en fonction de la masse du Soleil prise pour unité.

Valeurs attribuées à la masse de Mars.

1802. Delambre, par les perturbations de la Terre. (Laplace, TMc, III, liv. VI, ch. 16, n° 44.) . . . . 1/[illegible]

1806. Piazzi, d'après sa discussion des observations du Soleil. (Del reale Osservatorio di Palermo, fol., Palermo; libro VI, p. 50. — Comparez MCz, XVI, 1807, 191.) . . . . 1/[illegible]

1815. Burckhardt, par les perturbations de la Terre. (CdT, 1816, 343.) 1/[illegible]

1817. J. J. Littrow, en comparant les observations du Soleil faites à Greenwich avec les tables de *de Zach*. (BaJ, 1826, 164.) . . . 1/[illegible]

1828. Airy, en corrigeant les tables du Soleil de *Delambre* par les observations de Greenwich de 1816 à 1826. (London, PTr, 1828, 30.) 1/[illegible]

1853. Hansen & Olufsen, par les perturbations de la Terre. (Tables du Soleil, 4°, Copenhague; p. 1) . . . . 1/[illegible]

1858. Le Verrier, par les perturbations de la Terre. (Paris, MOb, IV, 102.) 1/[illegible]

1876. Powalky, en comparant les observations du Soleil de Dorpat, en 1823-1839, aux tables de *Hansen* & *Olufsen*. (ANa, LXXXVIII, 257.) . . . . 1/[illegible]

1876. Le Verrier, par les perturbations de Jupiter. (Paris, MOb, XII, 9.) 1/[illegible]

1876. A. Hall, par les observations des satellites. (Observations and orbits of the satellites of Mars, 4°, Washington; p. 37.). . . . . . 1/[illegible]

1878. H. S. Pritchett, en discutant les observations des satellites de *A. Hall*. (ANa, XCIII, 330) . . . . [illegible]

§ 234. ROTATION.

En 1636, *F. Fontana* observa que le disque de Mars n'est pas uniforme : il y nota une tache. Celle-ci présentant des variations dans son aspect, il soupçonna, dès 1638, conjointement avec *Zucchi*, la rotation de cette planète (*F. Fontana*, Novae coelestium terrestriumque rerum observationes, 4°, Neapoli, 1646; tract. VI, cap. 1, p. 105, 106. — Comparez : Riccioius, Alm, I, 1651, 486; aussi Riccioius, Ara, I, 1665, 372). Mars fut donc la première planète dont on remarqua la rotation autour d'un axe intérieur.

Toutefois cette intéressante observation passa en quelque sorte inaperçue. *Huygens* fut le premier à y revenir. On voit par ses manuscrits, qui sont à Leide, qu'en 1659, il avait observé la rotation de Mars (*Kaiser*, dans Tijdschrift voor de wis- en natuurkundige wetenschappen, letterkunde en schoone kunsten te Amsterdam, 8°, Amsterdam; vol. I, 1848, p. 8). *J. D. Cassini* ne publia une observation semblable que quelques années plus tard; mais il confirmait le fait par une étude suivie et convaincante (*Cassini, J. D.*, Martis circa proprium axem revolubilis; 4°, Bononiae, 1666. — Traduit en italien dans la Galleria di Minerva, année 1696, p. 186). Il fut le premier, comme on va le voir, à mesurer la durée de cette rotation.

Valeurs attribuées à la durée de la rotation de Mars.

1666. J. D. Cassini. (De periodo quotidiano revolutionis Martis; 4, Bononiae.) . . . . $24^h\ 40^m$

1706. J. P. Maraldi, par ses observations de 1704. (Paris, H & M, 1706, 74.) 24 39

1720. J. P. Maraldi, par ses observations de 1719. (Paris, H & M, 1720, 144.) 24 40

1784. W. Herschel, par 6 années d'observations. (London, PTr, 1784, 233.). . . . . 24 37 27^s

1792. Schroeter, par ses observations de 1787 et 1792. (*Terby*, dans Bruxelles, Mor, XXXVII, 1875, n° 3, p. 20.) . . 24 39 50,2

1806. Huth, par ses observations à Mannheim. (AdP, XIX, 246.). 24 45

1822. Kunowsky, par ses observations en 1821 et 1822. (BaJ, 1824, 226. — Calculé par Beer & Mädler, Frg, 1840, 149 (Bei, 1841, 110.)). 24 37 23,7

1840. W. Beer & Mädler, par 4½ ans d'observations. (Beer & Mädler, Frg, 1840, 168 (Bei, 1841, 121.)). 24 37 23,7

1847. O. M. Mitchel, en comparant ses observations de 1845 à celles de *Mädler* en 1830. (SMr, I, 1848, 161.) . . .	$24^h\,37^m\,20^s,6$
1858. Secchi, par plusieurs années d'observations. (Rome, MOs$_3$, I, 1859, 19.)	24 37 58
1864. Linsser, en comparant ses observations de 1862 à celles de *Mädler* en 1830 et de *Mitchel* en 1845. (WfA, VII, 119.)	24 37 22,9
1864. Kaiser, en reliant les observations modernes à celles de *Huygens* en 1672. (ANa, LXII, 51.)	24 37 22,62
1865. Johnson, par 6 années d'observations. (London, MNt, XXV, 167.)	24 37 39
1866. R. Wolf, en comparant ses observations de 1864 à celles de *Secchi* en 1862. (Zurich, Vjh, XXI, 562. — Reproduit : Wolf, Mth, III, 1872, n° XXII, 52.)	24 37 22,9
1868. Proctor, en rattachant entre elles les observations de *Hooke* en 1666, de *W. Herschel* en 1783 et de *Dawes* en 1856-1867. (London, MNt, XXVIII, 1868, 59. — Comparez : XXIX, 1869, 232.)	24 37 22,735
1873. J. F. J. Schmidt, en comparant ses observations de 1845-1873 à celles de *Huygens* en 1672. (ANa, LXXXII, 329.).	24 37 22,57
1877. Cruls, d'après 68 rotations à l'opposition de 1877. (Paris, Crh, LXXXV, 1062.)	24 37 34

La direction de l'axe de rotation n'a été déterminée qu'un petit nombre de fois, mais ses déterminations sont concordantes.

Nous désignons respectivement par L et par λ la longitude et la latitude de l'extrémité boréale de l'axe de rotation de Mars, par N et par *i* la longitude du nœud ascendant de la planète sur son orbite, et l'inclinaison mutuelle de l'équateur et de l'orbite, enfin par E l'époque.

On a trouvé :

1784. W. Herschel, par ses observations de 1781-1783. (London, PTr, 1784, 257.)

E = 1783,0	L = 347°47′	N = 259°26′
	λ = + 59 42	*i* = 28 42

1798. Schroeter, par ses observations en 1798. (Manuscrit examiné par *Terby*, dans Bruxelles, Mcr, XXXVII, 1873, n° 5, p. 28, 29. — Comparez *Olbers*, dans von *Zach*, Allgemeine geographische Ephemeriden, 8°, Weimar; vol. III, 1799, p. 114.)

E = 1798,0	L = 352°54′44″	N = 264°53′39″
	λ = + 66 53 12	*i* = 27 56 51

1855. Oudemans, en calculant les observations de *Bessel* de 1830-1837. (ANa, XXXV, 354.)

E = 1833,5	L = 349° 1′	N = 209°30′
	λ = + 61 0	*i* = 27 16

1881. Schiaparelli, par ses observations de 1877 et 1879. (Roma, Tra, V, 267.)

E = 1880,0	L = 354°25′,5	N = 260°47′,7
	λ = + 63 30,4	*i* = 24 52,0

On verra plus loin, au § 237, la position des plans de circulation des satellites.

§ 235. ÉTUDE PHOTOMÉTRIQUE ET SPECTROSCOPIQUE.

La plus ancienne comparaison photométrique de Mars que l'on connaisse, est celle qu'*Olbers* fit, en 1801, de cette planète avec α Tauri dont il était voisin. (MCs, VIII, 1803, 293.) *Le 25 février* de cette année, il trouva que Mars égalait cette *étoile* en éclat.

En 1846, *Seidel* fit ses premières mesures photométriques de Mars. (Bulletin der Akademie der Wissenschaften zu München, 4°, München; année 1846, p. 301. — Reproduit : Gelehrte Anzeigen herausgegeben von Mitgliedern der Baierischen Akademie, 4°, München; vol. XXIII, 1846, p. 9.) Suivant ces mesures

$$\text{Mars en opposition} = \begin{cases} 6,80 \times \alpha\ \text{Lyrae}, \\ 18,80 \times \alpha\ \text{Tauri}. \end{cases}$$

Toutefois, ce n'est que plus tard qu'il publia des résultats plus satisfaisants. (*Seidel, P. L.*, Untersuchungen über die Lichtstärken der Planeten, p. 19 et 21, dans le volume de la *Bayerische Akademie der Wissenschaften* intitulé Monumenta saecularia, 4°, München, 1859). Par des comparaisons faites à l'aide du photomètre objectif de *Steinheil*, il donna

$$\text{Mars en opposition} = 2,97 \times \alpha\ \text{Lyrae}.$$

Zöllner a trouvé, avec son photomètre (*Zöllner, J. C. F.*, Photometrische Untersuchungen, 8°, Leipzig, 1865; p. 151, 292),

$$\text{Mars en opposition} = \frac{1}{6\,994\,000\,000} \times \text{Soleil};$$

et

$$\text{Albedo de Mars} \ldots\ldots 0{,}267\,2.$$

Cette détermination photométrique répond à une grandeur d'étoiles — 2,25.

J. F. J. Schmidt a déterminé, par de nombreuses observations, les dates auxquelles Mars devient égal en éclat à diverses étoiles de première grandeur. Appelant r le rayon vecteur de la planète à un instant donné et Δ sa distance à la Terre au même instant, il trouve, par exemple, que

$$\text{Mars} = \alpha\ \text{Canis majoris, quand Log}\ \frac{1}{\Delta^2 r^2} = \bar{1},944$$

$$\text{Mars} = \alpha\ \text{Tauri,} \qquad \text{»} \qquad \text{»} \qquad \bar{1},968$$

Son tableau contient les comparaisons avec 11 étoiles. (ANn, XCVII, 1880, 95.)

De nouvelles comparaisons entre Mars et α Tauri ont été faites récemment par *J. L. McCance*, sur le même principe (ARr, XVIII, 1880, 114). Les résultats n'en ont pas été calculés.

La couleur rouge de Mars est bien connue. Voyez à ce sujet une note de *Mossia*, dans ANn, XLIV, 1856, 540. *Zöllner* assigne à Mars la cote 59°,0 par son colorimètre (ANn, LXXI, 1868, 529).

Il y a des études sur le spectre de Mars, par :

Huggins, W., On the spectrum of Mars, with some remarks on the colour of that planet. Dans London, MNt, XXVII, 1867, 178. — Reproduit : PMg_4, XXXIV, 1867, 74.

Vogel, *H.* C. Das Spectrum des Mars. Dans Bothkamp, Bco, 1, 1872, 66.

Vogel, *H.* C. Untersuchungen über das Spectrum des Mars. Dans APC_1, CLVIII, 1876, 463.

§ 236. CONSTITUTION PHYSIQUE.

Képler fut le premier à signaler les phases de Mars (Keplerus, Epi, fasc. III, 1622, 843. — Reproduit : Keplerus, Opa, VI, 1866, 486). Ces phases furent constatées et suivies par *de Rheita* (Oculus Enoch et Eliae, fol., Antuerpiae, 1645; lib. iv, cap. 5) et par *Hevelius* (Selenographia, fol., Gedani, 1647; p. 42, 66).

On a vu tout à l'heure que, dès 1636, *F. Fontana* avait fait les premières observations des taches. Il donne deux dessins (Novae coelestium terrestriumque rerum observationes, 4°, Neapoli, 1646; tract. vi, cap. 1, p. 105). Ces dessins ont été reproduits dans Riccioius, Alm, I, 1651, 486. *Bartoli*, se servant d'un télescope de *Sirsalis*, avait distingué plusieurs taches, en 1644 (Communication manuscrite dans Riccioius, Alm, I, 1651, 486. — Comparez : Riccioius, Ara, I, 1665, 372.)

Parmi les observations anciennes les plus importantes, il convient d'en citer deux, qui ont permis de fixer deux points éloignés dans le calcul de la rotation de Mars. L'une a été faite par *Huygens* en 1656 (*Hugenius*, Systema Saturnium, 4°, Hagae Comitis, 1659; p. 6. — Reproduit : *Hugenius*, Opera varia, 2 vol. 4°, Lugduni Batavorum, édit. 1724, vol. II, p. 540), l'autre par *Hooke*, en 1666 (London, PTr, 1666, 231).

La remarque la plus intéressante que l'on fit ensuite, fut due à *J. P. Maraldi*, qui distingua, en 1716, la tache claire située dans la partie septentrionale du globe de Mars, et qui émit immédiatement l'opinion qu'il s'agissait d'une calotte de glaces polaires (Paris, H & M, 1720, 144).

Un pas de plus fut accompli, lorsque *W. Herschel* eut déterminé la situation de l'axe de rotation de la planète, et que l'on put voir, qu'à peu de différence près, les taches brillantes formaient en effet des calottes sur les pôles (London, PTr, 1784, 234).

W. Beer & *Mädler* ont étudié, plus tard, les variations de ces calottes polaires, dans leur relation avec les saisons aréologiques, et constaté que le plus grand rétrécissement de chacune de ces taches correspond à un moment un peu postérieur au solstice d'été de l'hémisphère correspondant de Mars (Beer & Mädler, Frg, 1846, 175 (Bei, 1841, 125)). Aussi ces astronomes n'hésitent-ils pas à conclure que les taches polaires de cette planète sont formées d'un dépôt analogue à la neige de la Terre (Ibid., 174 (124)). *Lassell* a corroboré ces idées dans un mémoire important (London, MAS, XXXII 1864, 186).

Nous devons cependant ajouter que, dans ces derniers temps, *Brett* a émis l'opinion que ces taches blanches sont des nuages, qui, pour lui, sont élevés au-dessus du disque, et qu'il croit porter ombre (London, MNt, XXXVIII, 1878, 61).

Les calottes polaires éclatantes ne sont pas exactement centrées sur les pôles de Mars. On trouvera, dans les mémoires indiqués plus haut (§ 234), à l'occasion de la durée de la rotation de la planète, l'estimation de cette excentricité. Nous prenons les chiffres relatifs à la tache australe, qui est plus facile à voir dans les oppositions les plus rapprochées de la Terre.

Excentricité attribuée à la tache polaire australe de Mars.

1783. W. HERSCHEL. (London, PTr, 1784, 255.)	8°	8'	
1830. BESSEL. (Königsberg, Beo, XXIII, 1847, 94, 95.)	6	36	
1837. W. BEER & MÄDLER. (Beer & Maedler, Frg, 1840, 164 (Bei, 119)).	8	0	[*]
1862. KAISER. (Annalen der Sternwarte in Leiden, vol. III, p. 85, 84.).	4	16	
1877. A. HALL. (ANn, XCI, 1878, 223.)	5	11	
1877. SCHIAPARELLI. (ANn, XCI, 1878, 279.)	6	9	

Deux observations présentent de grandes discordances avec les précédentes : l'une de *Secchi*, en 1858, qui a trouvé pour cette excentricité un chiffre correspondant à 17° 42' (Roma, MOs_3, I, 1859, 21); l'autre de *Linsser*, en 1862, qui donne « environ 20° » (WfA, VII, 1864, 118).

Il paraît incontestable que Mars est entouré d'une atmosphère. Déjà *J. D. Cassini* avait été frappé du déplacement apparent de l'étoile ψ Aquarii, lorsque la planète s'en était approchée (*Cassini*, *J. D.*, Observations astronomiques faites en divers endroits du royaume pendant l'année 1672, p. 42, 45. — Inséré dans Paris, Röb, 1693). *W. Herschel* concluait, de tout ce qu'il avait observé, à une atmosphère d'une densité notable (London, PTr, 1784, 273). *South* a fait de ce point une étude particulière, qui le conduit aux mêmes déductions (London, PTr, 1831, 417; 1833, 15. Les analogies entre la constitution de Mars et celle de la Terre se sont renforcées, à mesure du progrès des notions.

Aussi, les marques observées à la surface de la planète sont-elles généralement considérées comme un tracé général de terres et d'eaux. Les parties sombres doivent être regardées comme les mers, et les parties plus claires comme les régions solides. Ce point a été fixé par *Galilée*, cherchant à se représenter l'aspect de notre globe, tel qu'on le verrait d'une autre planète. Un des personnages de son célèbre dialogue, Salviati, expose clairement que les continents paraîtraient plus brillants que les mers (*Galilei*, Dialogo intorno ai due massimi sistemi del mondo, 4°, Firenze, 1632; part. I. — Reproduit : Galilei, Ope, I, 1842, voir p. 72). On possède aujourd'hui de véritables mappes-mondes de Mars.

[*] Non pas 12° 0', comme *A. Hall* l'a cité par inadvertance. Ce chiffre de 12° est la somme des excentricités des deux calottes.

Avant de tracer ces mappes-mondes, il fallait réunir un certain nombre de dessins. Les astronomes du XVIIe et du XVIIIe siècle ne nous en ont laissé que d'assez isolés et d'imparfaits.

L'observation de *Huygens* de 1656, et les anciens dessins de *Hooke*, de *J. D. Cassini*, de *Campani* et de *J. P. Maraldi*, sont reproduits dans l'Atlas coelestis de *Doppelmayr*, fol., Norimbergae, 1742. *Terby* a donné une explication des figures prises, en 1666, par *J. D. Cassini*, *Campani*, *Serra* et *Hooke* (Bruxelles, Bul_2, XLIII, 1877, 348).

En outre, une nomenclature générale des dessins connus de la planète Mars, a été insérée par *Kaiser*, dans les Annalen der Sternwarte in Leiden, 4°; vol. III, Haag, 1872, p. 7-26.

On est ainsi arrivé par degrés à réunir les éléments de mappes-mondes plus ou moins complètes. La première de ces cartes générales a été esquissée par *W. Beer* & *Mädler* en 1837 (ANn, XV, 1838, 219. — Reproduit, comme on le voit ci-dessous, à la liste des mappes-mondes de Mars). Les progrès accomplis depuis cette époque sont réellement immenses. En effet, un caractère nouveau a été imprimé à l'aréographie par la découverte des canaux qui sillonnent la surface de Mars.

Le terme « canal » pour désigner certaines branches des taches obscures, paraît pour la première fois dans une communication de *Secchi* (ANn, XLIX, 1859, 74). Mais c'est à *Schiaparelli* qu'est due la généralisation de cette conception, et c'est cet astronome qui, à ce point de vue, a le premier mis dans tout son jour la constitution particulière de Mars (Roma, Mem, II, 1878, 308).

On trouvera des mappes-mondes de Mars insérées dans les ouvrages suivants :

W. Beer & *Mädler*, dans ANn, XV, 1838, 219. — Reproduit dans Beer & Mädler, Frg, 1840 (Bei, 1841); dans les différentes éditions de la Populäre Astronomie de *Mädler* (voir § 20, n° 99); et dans *Guillemin*, Le ciel, 8°, Paris, 1864; pl. v. — Deux hémisphères en projection polaire.

J. Phillips, dans London, Pro, XIV, 1865, 52. — Carte générale de Mars, sur la projection de Mercator, d'après les observations de 1864, reproduit avec additions dans The quarterly journal of science, 8°, London; vol. II, 1865, p. 369. Il est à remarquer que, sur sa mappe-monde, l'auteur écrit le mot « land », c'est-à-dire terre, sur les régions obscures, contrairement à l'opinion générale des aréographes.

Proctor, Chart of Mars from drawings by *Mr. Dawes*; plane, London, 1873. — Cette mappe-monde d'après la projection de Mercator contient la première nomenclature proposée pour les taches de Mars. Elle est reproduite, en réduction, dans la 3e et dans la 4e édit. de *Webb*, Celestial objects for common telescopes, 16°, London, art. Mars; ainsi que dans *Klein*, Anleitung zur Durchmusterung des Himmels, 8°, Braunschweig, 1880, p. 245. Les noms choisis sont, en général, ceux des astronomes qui se sont occupés de l'étude physique de Mars.

Flammarion, dans son ouvrage Les terres du ciel, 8°, Paris, 1877, p. 424. — L'auteur propose, sans raisons bien évidentes, de grands changements à la nomenclature.

Schiaparelli, dans Roma, Mem, II, 1878, 308. — Dans ce planisphère de Mercator, la nomenclature est complétée et modifiée, afin de l'adapter aux découvertes de l'auteur. Il y en a une reproduction réduite dans *Klein*, Anleitung zur Durchmusterung des Himmels, 8°, Braunschweig, 1880; p. 249.

Green, dans London, MAS, XLIV, 1879, 123. — Planisphère résumant ses observations à l'opposition de 1877.

Harkness, dans London, MNt, XL, 1880, 13. — Mappe-monde sur la projection de Mercator.

Schiaparelli, Mappa areographica 1879, dans Roma, Mem, X, 1881, tav. III; sur la projection de Mercator. En outre: Mars 1879, ibid., tav. IV, en deux hémisphères sur projection polaire. — Dans la première de ces cartes, la nomenclature est de nouveau refondue, pour l'adapter à la constitution de la planète. Les noms sont empruntés pour la plupart à la géographie ancienne.

Les grands travaux relatifs à l'étude physique de Mars peuvent être indiqués de la manière suivante:

2481. Maraldi, J. P. Observations sur les taches de Mars. Paris, M & M, 1720, 144.

2482. Herschel, W. On the remarkable appearances at the polar regions of the planet Mars, the inclination of its axis, the position of its poles, and its spheroidical figure, with a few hints relating to its real diameter and atmosphere. London, Ptr, 1784, 233.

2483. Schroeter, J. H. Areographische Fragmente [1798].

Cet ouvrage, auquel sont joints de nombreux dessins, est resté inédit. Le manuscrit se trouve aujourd'hui à la bibliothèque de l'Observatoire de Leide. *Terby* en a donné une notice détaillée dans Bruxelles, Mer, XXXVII, 1873, n° 3.

2484. Beer, W. & Mädler, J. H. Mars. Beer & Mädler, Frg, 1840, 117 (Bei, 1841, 107).

2485. Gruithuisen, F. v. P. [Observations physiques de Mars à diverses oppositions successives, depuis 1813 jusqu'en 1847.] Astronomisches Jahrbuch für physische und naturhistorische Himmelsforscher, 8°, München; année 1839, p. 72; année 1840, p. 98; année 1841, p. 109; année 1842, p. 155, année 1847, p. 149; année 1848, p. 124.

2486. Arago, F. Mémoire sur Mars [1855]. Arago, OEu, XI, 1859, 248.

Dessins et observations des taches polaires, à diverses oppositions, de 1813 à 1847.

2487. Secchi, A. Osservazioni di Marte fatte durante l'opposizione nel 1858. Roma, MOs, I, 1859, 17.

Avec 40 dessins.

2488. Secchi, A. Osservazioni del pianeta Marte. Roma, MOs, II, 1863, 76.

Avec 8 dessins pris à l'opposition de 1862, et des observations sur l'aspect variable de Mars, suivant les saisons qui règnent sur les hémisphères de cette planète.

2489. Rosse, W. of. Observations on Mars. London, MAS, XXXII, 1864, 192.

Avec 6 dessins pris à l'opposition de 1862.

2490. Lassell, W. Observations of Mars. London, MAS, XXXII, 1864, 192.

Avec 24 dessins de l'opposition de 1862.

2491. Dawes, W. R. On the planet Mars. London, MNt, XXV, 1865, 225.

2492. Banks, W. L. & Green, N. E. The planet Mars. ARr, III, 1866, 71.

2493. Kaiser, F. Untersuchungen über den Planeten Mars bei dessen Oppositionen in den Jahren 1862 und 1864. Annalen der Sternwarte in Leiden, 4°; vol. III, Haag, 1872, p. 1.

2494. Lohse, W. O. Mars. Bothkamp, Beo, I, 1872, 97.

2495. Proctor, R. A. The planet Mars in 1873. The quarterly journal of science, new series, 8°, London; vol. III, 1873, p. 178.

2496. Terby, F. Aréographie, ou étude comparative des observations faites sur l'aspect physique de la planète Mars depuis *Fontana* (1636) jusqu'à nos jours (1873). Bruxelles, Mer, XXXIX, 1876, n° 1.

2497. Trouvelot, L. Mars. Cambridge, Ann, VIII, II, 1876, pl. 22.

Dessins de 1873.

2498. Flammarion, C. La planète Mars.

Dans ses Études et lectures sur l'astronomie, 12°, Paris; t. VII, 1877, p. 3.

2499. Schiaparelli, G. V. Osservazioni astronomiche e fisiche sull' asse di rotazione e sulla topografia del pianeta Marte. Roma, Mem, II, 1878, 308.

Opposition de 1877.

2500. Green, N. E. Observations of Mars, at Madeira, in August and September 1877. London, MAS, XLIV, 1879, 123.

Avec 12 dessins teintés et le planisphère mentionné plus haut.

2501. Niesten, L. Observations sur l'aspect physique de la planète Mars, pendant l'opposition de 1877. Annales de l'Observatoire de Bruxelles, nouvelle série, Astronomie, 4°, Bruxelles; vol. II, 1879, n° 9.

Avec 43 dessins en chromolithographie, et un planisphère explicatif d'après celui de *Proctor*. Six de ces dessins sont reproduits dans Sirius, Zeitschrift für populäre Astronomie, 8°, Leipzig; vol. XIV, 1881, p. 1.

2502. Ertborn, O. van. Observations de la planète Mars faites pendant l'opposition de 1877. Bruxelles, Mer, XLII, 1879, n° 7.

Avec 28 dessins teintés.

2503. Burton, C. E. On the aspect of Mars at the oppositions of 1871 and 1873. Dublin, Tra, XXVI, 1879, 427.

Avec 16 dessins.

2504. Lohse, W. O. Beobachtungen des Planeten Mars. Potsdam, Pub, I, 1879, 126.

Outre les dessins de l'auteur en 1873 et 1877, on trouve dans ce mémoire 18 dessins de *Galle*, de 1837-1839.

2505. Konkoly, N. von. Beobachtung der Mars-Oberfläche im Jahre 1879. Beobachtungen angestellt am astrophysikalischen Observatorium in O'Gyalla, 4°, Halle; vol. II, 1881, p. 23.

2506. Dreyer, J. L. E. Notes on the physical appearance of the planet Mars as seen with the 3-foot reflector at Parsonstown during the opposition of 1877. Dublin, Tra, I, 1881, 69.

Avec 12 dessins.

2507. Burton, C. E. Physical observations of Mars, 1879-1880. Dublin, Tra_2, I, 1881, 151.

Avec 24 dessins et une carte d'ensemble.

2508. Terby, F. Mémoire à l'appui des remarquables observations de M. *Schiaparelli* sur la planète Mars. Bruxelles, Mer', XXXI, 1881, n° 5.

2509. Schiaparelli, G. V. Osservazioni astronomiche e fisiche sull'asse di rotazione e sulla topografia del pianeta Marte. Roma, Mem, X, 1881, 1.

§ 237. SATELLITES.

En 1645, Schyrlaeus *de Rheita* annonça (Oculus Enoch et Eliae, fol., Antuerpiae, 1645; praef.) qu'il avait aperçu des satellites à Mars; toutefois il n'en était pas bien certain (ibid., lib. IV, cap. 5, p. 287). Cette indication ne fut pas confirmée par les astronomes des deux siècles qui ont suivi, et l'on peut affirmer que les moyens optiques de *de Rheita* n'étaient pas suffisants pour voir les véritables satellites de cette planète.

Képler, ayant appris la découverte des satellites de Jupiter par *Galilée*, prévoit qu'on découvrira des compagnons analogues à d'autres planètes, et il en ajoute deux à Mars, six ou huit à Saturne, un à Vénus, un à Mercure (*Keplerus*, Dissertatio cum nuncio sidereo, 4°, Pragae, 1610; p. 6. — Reproduit : Keplerus, Opa, II, 1859, 491). Ce passage porte les marques d'une intuition raisonnée, dont la profondeur n'échappera pas aux astronomes.

D'autre part, dans son roman satirique de Gulliver, *Swift* parle d'un pays de Laputa, dont les habitants avaient découvert deux petits satellites ou étoiles tournant autour de Mars (*Swift*, *J.*, Travels into several remote nations of the world by Lemuel Gulliver, 2 vol. 8°, London, 1726-1727; vol. II, part. III, ch. 3). Dans le roman de Micromégas, *Voltaire*, en parlant de la planète Mars, lui attribue aussi deux satellites, qui lui sont, dit-il, nécessaires pour l'éclairer, mais qui sont trop petits pour avoir été aperçus de nos astronomes (*Voltaire*, *A. de*, Micromégas, 1750; chap. 3).

En 1865, *d'Arrest* avait cru pouvoir établir qu'il serait invraisemblable de trouver des satellites à Mars, à une distance notable de cette planète, parce que leurs révolutions seraient d'une longueur improbable (ANn, LXIV, 1865, 74). C'est, en effet, dans une très-grande proximité de l'astre qu'ont été découverts, en 1877, les deux satellites dont nous allons parler tour à tour.

I. Phobos.

Découvert par *A. Hall*, à Washington, le 12 août 1877 (*Rodgers*, *J.*, Letter to the Hon. R. W. Thompson; 4°, Washington, 1877. — Reproduit : ANn, XC, 1877, 273; London, MNt, XXXVII, 1877, 443; et en français : Paris, Crh, LXXXV, 1877, 330). Nommé par *Madan* (Nature, 4°, London; vol. XVI, 1877, p. 475), d'après un passage d'*Homère* (Ilias, lib. XV, v. 119) où il est parlé de deux compagnons du dieu Mars.

Voici les éléments déduits par *A. Hall* des observations de 1877 (*Hall, A.*, Observations and orbits of the satellites of Mars, 4°, Washington, 1878; p. 23) :

Époque 1877, août 23j,0 t. m. Greenwich.		
Durée de la révolution	7h 39m 15s,07	
Nœud ascendant sur l'équateur de la Terre	47° 13',2	Équin. de l'époque.
Inclinaison au même équateur.	36 47,1	
Distance au nœud à l'époque	235 20,2	
— du nœud au périhélie sur l'orbite.	43 30,4	
Excentricité.	0.032 079	
Demi-grand axe, à la distance 1	12",953 1	

Marth a déduit de ces données (AN, XC, 1879, 370) :

Longitude du nœud de l'orbite de Phobos sur l'orbite de Mars.	82° 10' 16"
Inclinaison mutuelle de ces deux orbites	24 46 46

On voit que ces éléments placent le plan de circulation du satellite dans un étroit voisinage de celui de l'équateur de la planète.

H. S. Pritchett, en réduisant de nouveau les observations de *A. Hall*, au point de vue de la distance à la planète, fixe le demi-grand-axe à 12",773 5 (AN, XCIII, 1878, 380).

A. Hall a revu, de son côté, la durée de la révolution, d'après les observations de 1879, et est arrivé ainsi au chiffre

7h 39m 13s,537 6

avec une distance au nœud, 1879, nov. 5j,0 t. m. de Greenwich, de 66°,87 (London, MN, XL, 1880, 281).

D'après des considérations photométriques, *Pickering* estime le diamètre de ce petit corps à 8,96 kilomètres, ou, à la distance 1, à une valeur angulaire de 0",012. Il donne pour sa magnitude (vulgairement grandeur en ordres d'étoiles), le chiffre 14,00 (Cambridge, Ann, XI, II, 1879, ch. 7). Dans l'échelle de *Zöllner*, ce serait 12,51 (ibid., ch. 10).

Ce satellite faisant sa révolution en un temps moindre que la rotation de la planète, doit, pour l'observateur placé sur Mars, se lever à l'occident et se coucher à l'orient.

II. Deimos.

Découvert par *A. Hall*, le 11 août 1877, avec le grand réfracteur de Washington. Le nom de ce satellite a été également proposé par *Madan* (voir les sources à l'article de Phobos).

Les observations de 1877 ont donné à *A. Hall* (Observations and orbits of the satellites of Mars, 4°, Washington, 1878; p. 24) :

Époque 1877, août 23j,0, t. m. Greenwich.		
Durée de la révolution	30h 17m 53s,86	
Nœud ascendant sur l'équateur de la Terre.	48° 5',7	Équin. de l'époque.
Inclinaison au même équateur	35 38,7	
Distance au nœud à l'époque.	375 30,5	
Distance du nœud au périhélie sur l'orbite.	40 53,6	
Excentricité	0,005 741	
Demi-grand axe à la distance 1.	32",354 1	

De ces chiffres, *Marth* déduit (AN, XC, 1879, 370) :

Longitude du nœud de l'orbite de Deimos sur l'orbite de Mars.	84° 59' 2"
Inclinaison mutuelle de ces deux orbites	24 19 52

Ces éléments placent encore l'orbite du satellite très-près du plan de l'équateur de la planète.

H. S. Pritchett, par une nouvelle réduction des observations de Washington de 1877, a obtenu pour le demi-grand axe 32",911 3 (AN. XCIII, 1878, 379).

Après l'opposition de 1879, *A. Hall* a corrigé la révolution d'après ses nouvelles observations, et l'a fixée à

30h 17m 54s,377,

avec une distance au nœud à l'époque 1879, nov. 5j,0 t. m. Greenwich, de 322°,91 (London, MN, XL, 1880, 281).

Par des comparaisons photométriques avec Mars et avec Vesta, *Erck* avait cru pouvoir évaluer à 21 ½ kilomètres, ou en arc 0",030 vu de la distance 1, le diamètre de Deimos (AR, XVI, 1878, 25). *Pickering*, se fondant également sur des considérations photométriques, estime le diamètre de ce satellite à 7,81 kilomètres, qui correspondent à un diamètre angulaire de 0",011 à la distance 1. Il donne à Deimos, pour magnitude en grandeurs d'étoiles, 16.56 (Cambridge, Ann, XI, II, 1879, ch. 7), ou suivant l'échelle de *Zöllner*, 12,61 (ibid., ch. 10).

CHAPITRE XVI.

ASTÉROÏDES.

§ 238. SITUATION ET NOMBRE.

L'absence d'un terme, dans la série des planètes, entre Mars et Jupiter, avait été remarquée par *Képler*, qui jugeait nécessaire d'effectuer une intercalation entre ces deux astres; « inter Jovem et Martem, » dit-il, « interposui planetam » (*Keplerus*, Prodromus dissertationum cosmographicarum, 4°, Tubingae, 1596; p. 7. — Reproduit : Keplerus, Opa, I, 1858, 107).

La lacune signalée fut remplie par la découverte de Ceres, faite par *Piazzi*, le premier jour du XIXe siècle (MCz, III, 1801, 592). Mais cette découverte ne resta pas isolée, et le vide fut occupé par toute une famille de corps planétaires.

On ignore le nombre total des astéroïdes qui circulent entre Mars et Jupiter : il est peut-être de plusieurs milliers. A la date actuelle, on en a découvert 222, et chaque année continue à apporter son contingent. De plus, indépendamment des petites planètes constatées, on cite des observations, insuffisantes pour le calcul, d'astres qui étaient animés d'un certain mouvement.

Parmi ces étoiles mobiles, qui n'ont été observées que d'une manière passagère, et qui peut-être étaient des astéroïdes, on peut citer

Celle de *Huth* (BaJ, 1805, 215. — Comparez Nature, 4°, London; vol. XIV, 1876, p. 291).

Celle de *Cacciatore* (Bibliothèque universelle de Genève, nouvelle série, 8°, Genève; t. IV, 1836, p. 348).

§ 239. NOMENCLATURE.

D'abord, les astéroïdes reçurent simplement des noms empruntés à la mythologie, et des signes symboliques, imaginés pour les désigner à la manière des anciennes planètes. Mais quand le nombre de ces petits corps augmenta, la confusion de ces signes et la difficulté de les retenir conduisirent à en abandonner l'emploi.

La proposition de désigner les astéroïdes par un numéro enfermé dans un cercle fut faite, en 1851, par *Encke* (BaJ, 1854, 359). Toutefois cet astronome laissait en dehors les quatre anciennes petites planètes, et ne commençait la série qu'à partir d'Astraea. Il y avait là une anomalie, sur laquelle *Gould* appela presque immédiatement l'attention (AJl, II, 1552, 80). Depuis ce moment, l'ordre numérique est suivi à partir de Ceres.

Le nom générique d' « astéroïde » a été employé pour la première fois par *W. Herschel*, dès la découverte de Pallas, la seconde des petites planètes (London, PTr, 1802, 215). Sur les dénominations particulières de ces corps, on trouvera une note de *Selander* dans l'Öfversigt af Vetenskaps Akademiens Förhandlingar, 8°, Stockholm ; vol. IV, 1847, p. 102. Il y a aussi des remarques de *Jahn* (Unt, II, 1848, 159), de *Le Verrier* (Paris, Crh, XLVIII, 1859, 56 ; LIII, 1861, 450), de *Hind* (London, MNt, XXI, 1861, 255) et de *H. Goldschmidt* (ANn, LV, 1861, 255).

Les noms des astéroïdes ont été pour la plupart empruntés à la mythologie et aux légendes. En 1807, lorsque Vesta fut découverte, le nom de Napoléon avait été proposé pour désigner cette petite planète, dans un article signé J. W — (Journal de physique, de chimie, d'histoire naturelle et des arts, par *Delamétherie*, 4°, Paris ; vol. LXVI, 1808, p. 465). Cette dénomination n'a pas prévalu.

§ 240. MOUVEMENTS ET TABLES.

Il n'y aurait aucun intérêt à reproduire les premiers éléments, nécessairement imparfaits, publiés vers le temps de la découverte d'un astéroïde. Nous allons réunir ici les meilleurs éléments, calculés d'après l'ensemble des observations de chaque petite planète. Nous construisons cette table d'après le Berliner astronomisches Jahrbuch pour 1885, en portant les additions et les corrections signalées dans les Circulare publiées comme suite à cet ouvrage. Nous n'avons fait exception que pour deux astéroïdes : 55 = Pandora, dont les éléments ont été donnés d'après *Möller* (Öfversight af Vetenskaps Akademiens Förhandlingar, 8°, Stockholm ; année 1879, n° 4, p. 40); et 217 = Eudore, dont nous avons pris l'orbite de *Callandreau* (Paris, Crh, XCIII, 1881, 851).

La plupart des systèmes d'éléments présentés dans le tableau qui suit, se rapportent aux oppositions les plus récentes. Si l'on avait besoin d'éléments relatifs à des époques plus anciennes, on recourrait aux volumes précédents du Berliner Jahrbuch, notamment à celui de 1865, p. 310, et à tous les volumes successifs à partir de 1870 inclusivement. Ce qui concerne le calcul des astéroïdes est centralisé dans les bureaux de ces éphémérides, sous la direction de *Tietjen*.

Les colonnes de notre tableau n'ont pas besoin d'une longue explication. Les lettres Ép. veulent dire l'époque. Dans la colonne intitulée « Nature des éléments, » ces mêmes lettres signifient que les éléments donnés sont osculateurs à l'instant pris pour époque; tandis que les lettres capitales *EM* désignent des éléments moyens.

Les colonnes relatives aux auteurs et aux dates des découvertes sont empruntées à l'Annuaire du bureau des longitudes de France, 1882. Nous les avons seulement complétées jusqu'au moment de l'impression.

Il est inutile de faire remarquer que les éléments des planètes les plus récemment découvertes sont plus ou moins incertains, et pourront subir des changements notables.

Quant aux noms des astéroïdes, on a cru devoir leur conserver, dans tous les cas, la forme originale.

NOM ET NUMÉRO.	ÉPOQUE, t. m. Berlin.	Équinoxe moyen de	Nature des éléments.	LONGITUDE moyenne.	LONGITUDE du périhélie.	LONGITUDE du nœud.	Inclinaison.	ANGLE dont le sinus est égal à l'excentricité.	Moyen mouvement diurne.	Logarithme du demi-grand axe.	CALCULATEUR.	AUTEUR de la découverte.	DATE de la découverte.
1. Ceres.	1881 Juin 9,0	Ép.	Ép.	242° 15′ 34″,4	149° 15′ 34″,8	80° 49′ 7″,6	10° 37′ 18″,2	4° 32′ 43″,7	770″,833 21	0,442 030 8	E. Schubert	Piazzi	1 Janv. 1801
2. Pallas	1881 Juin 9,0	Ép.	Ép.	223 9 16,1	122 9 18,6	172 43 57,4	34 43 11,2	13 53 34,2	769,732 46	0,442 444 5	Farley	Olbers	28 Mars 1802
3. Juno	1881 Mai 4,0	Ép.	Ép.	224 2 13,2	55 23 18,2	170 30 33,3	13 1 17,1	14 46 26,7	812,905 93	0,426 644 2	Hind	Harding	1 Sept. 1804
4. Vesta.	1881 Oct. 31,0	Ép.	Ép.	32 6 45,8	251 41 53,6	103 30 58,3	7 7 10,1	5 1 25,7	976,778 67	0,373 473 6	Farley	Olbers	29 Mars 1807
5. Astraea . . .	1881 Juill. 22,0	1880,0	Ép.	307 40 1,2	134 45 20,8	141 26 0,4	5 19 25,1	10 53 14,0	857,926 86	0,414 037 5	Farley	Hencke.	8 Déc. 1845
6. Hebe	1881 Juin 12,0	1881,0	Ép.	283 22 54,9	15 23 33,7	138 43 55,0	14 47 20,3	11 40 5,2	939,309 61	0,384 780 1	R. Luther	Hencke.	1 Juill. 1847
7. Iris.	1850 Janv. 0,0	Ép.	EM.	207 30 30,1	41 23 21,1	259 47 55,8	5 28 3,0	13 20 50,2	962,580 60	0,377 743 0	Brünnow.	Hind	13 Août 1847
8. Flora.	1848 Janv. 1,0	Ép.	EM.	68 48 32,0	32 54 28,3	110 17 48,6	5 53 8,0	9 0 56,3	1086,330 98	0,342 696 3	Brünnow.	Hind	18 Oct. 1847
9. Metis.	1858 Juin 30,0	Ép	EM.	128 8 26,8	71 3 52,1	68 31 35,2	5 36 0,3	7 5 2,4	962,338 98	0,377 785 7	Lesser	Graham	26 Avril 1848
10. Hygiea	1879 Oct. 1,0	1880,0	Ép.	0 31 48,4	237 31 11,6	285 44 14,5	3 48 26,5	6 31 56,5	637,161 06	0,497 171 6	Becker.	De Gasparis.	12 Avril 1849
11. Parthenope .	1881 Juin 22,0	1881,0	Ép.	278 16 9,7	317 50 27,0	125 13 2,5	4 37 16,9	5 39 0,3	923,660 43	0,389 662 9	R. Luther	De Gasparis	11 Mai 1850
12. Victoria (Clio)	1851 Janv. 0,0	Ép.	EM.	7 42 4,9	301 39 25,0	235 34 41,7	8 23 17,5	12 38 44,9	994,834 72	0,368 138 9	Brünnow	Hind.	13 Sept. 1850
13. Egeria	1850 Janv. 0,0	Ép.	EM.	330 56 32,5	120 9 58,2	43 11 34,5	16 32 24,6	4 59 47,3	857,345 07	0,411 031 5	Hansen.	De Gasparis.	2 Nov. 1850
14. Irene.	1881 Août 21,0	1880,0	Ép.	321 9 25,1	170 34 47,0	86 46 42,7	9 8 9,3	9 23 3,3	852,438 52	0,412 805 7	Bruhns.	Hind.	19 Mai 1850
15. Eunomia. . .	1854 Janv. 0,0	Ép.	EM.	140 57 32,0	27 52 0,5	293 52 14,5	11 44 17,1	10 47 32,2	825,455 03	0,422 209	E. Schubert	De Gasparis.	29 Juill. 1851
16. Psyche. . . .	1880 Nov. 24,0	1880,0	Ép.	52 40 43,3	13 55 56,8	150 35 0,1	3 4 19,3	7 50 57,3	710,902 9	0,465 430 8	E. Schubert	De Gasparis.	17 Mars 1852
17. Thetis	1881 Nov. 20,0	1880,0	Ép.	63 46 21,3	262 13 46,7	125 13 9,0	5 36 23,0	7 25 3,0	911,307 54	0,393 532 5	Maywald.	R. Luther	17 Avril 1852
18. Melpomene .	1854 Janv. 0,0	Ép.	EM.	95 10 8,0	15 5 31,0	150 3 40,7	10 9 16,9	12 34 20,2	1020,149 77	0,360 903 2	E. Schubert	Hind	24 Juin 1852
19. Fortuna . . .	1881 Mars 14,0	1880,0	Ép.	161 26 56,2	30 42 37,4	211 19 32,1	1 32 58,3	9 6 55,9	929,659 06	0,387 788 6	Powalky.	Hind	22 Août 1852
20. Massalia . . .	1881 Juill. 1,0	1881,0	Ép.	208 8 50,2	100 2 20,7	206 23 44,3	0 41 13,7	8 14 27,2	949,044 46	0,381 813 4	Küstner	De Gasparis.	19 Sept. 1852
21. Lutetia. . . .	1853 Janv. 2,0	Ép.	EM.	41 24 3,8	327 3 58,7	80 27 48,5	3 5 9,5	9 19 44,6	933,554 38	0,380 578 0	Lesser	H. Goldschmidt. . . .	15 Nov. 1852
22. Kalliope . . .	1881 Sept. 20,0	1880,0	Ép.	330 55 13,7	59 35 51,1	66 33 59,2	13 44 56,6	5 54 48,1	715,662 80	0,463 536 1	Maywald.	Hind.	16 Nov. 1852
23. Thalia	1881 Août 11,0	1880,0	Ép.	346 3 24,1	123 29 38,3	67 43 45,7	10 14 0,1	13 24 11,5	833,073 7	0,419 548 8	E. Schubert.	Hind	15 Déc. 1852
24. Themis. . . .	1878 Juin 8,0	1880,0	Ép.	353 7 56,0	143 57 29,4	35 31 31,7	0 48 29,6	7 24 44,4	640,166 25	0,495 809 5	Krüger.	De Gasparis.	5 Avril 1853
25. Phocaea . . .	1880 Nov. 27,0	1880,0	Ép.	38 19 59,9	302 50 28,5	214 10 45,3	21 35 29,5	14 48 27,4	954,636 75	0,380 112 3	Maywald.	Chacornac.	6 Avril 1853
26. Proserpina .	1853 Juin 11,0	Ép.	EM.	227 31 10,6	236 25 15,0	45 54 59,3	3 35 [illegible]	5 0 37,3	819,684 68	0,424 239 9	Hock	R. Luther	5 Mai 1853
27. Euterpe . . .	1873 Janv. 5,0	1870,0	EM.	178 31 53,1	87 59 26,1	93 51 20,1	1 35 [illegible]	10 0 56,0	986,694 40	0,370 549 3	Hoppe	Hind	8 Nov. 1853
28. Bellona. . . .	1880 Nov. 27,0	1880,0	Ép.	78 37 37,9	123 44 58,7	144 38 48,1	9 21 33,9	8 33 40,1	766,069 06	0,443 825 8	Bruhns	R. Luther	1 Mars 1854
29. Amphitrite. .	1855 Janv. 0,0	1870,0	Ép.	284 24 44,5	56 23 4,3	356 40 16,5	6 7 [illegible]	4 15 25,3	869,035 22	0,402 312 8	Becker.	Marth	1 Mars 1854
30. Urania	1880 Nov. 2,0	1880,0	Ép.	42 53 44,3	31 32 53,3	308 3 24,0	2 6 [illegible]	7 10 58,7	975,164 20	0,373 952 0	Maywald.	Hind	22 Juill. 1854
31. Euphrosyne .	1879 Avril 12,0	Ép.	Ép.	175 50 13,7	93 15 11,4	31 33 41,4	26 28 [illegible]	12 52 35,5	635,108 57	0,498 078 9	Hill.	Ferguson	1 Sept. 1854
32. Pomona . . .	1858 Janv. 5,0	Ép.	EM.	87 10 27,0	193 21 48,6	220 42 55,2	5 28 [illegible]	4 45 43,1	852,587 00	0,412 844 0	Lesser	H. Goldschmidt. . . .	20 Oct. 1854
33. Polyhymnia.	1881 Mars 4,5	1880,0	Ép.	166 20 30,2	342 16 13,6	9 9 7,4	1 56 [illegible]	19 40 37,6	732,020 15	0,456 985 5	E. Schubert.	Chacornac.	28 Oct. 1854
34. Circe.	1881 Fév. 12,0	1880,0	Ép.	145 44 7,8	150 47 35,3	184 40 3,3	5 27 [illegible]	6 14 11,6	806,163 40	0,420 055 7	Auwers.	Chacornac.	6 Avril 1855
35. Leukothea . .	1884 Avril 13,0	1880,0	Ép.	197 50 5,4	201 48 0,3	335 44 33,3	8 12 [illegible]	12 57 47,8	685,183 4	0,476 133 2	E. Schubert	R. Luther	19 Avril 1855
36. Atalante . . .	1860 Janv. 0,0	1860,0	1860 nov. 22,0	134 20 42,4	42 52 55,5	359 22 27,2	18 42 [illegible]	17 36 2,4	780,014 8	0,438 604 0	E. Schubert	H. Goldschmidt. . . .	5 Oct. 1855
37. Fides.	1881 Nov. 1,0	1881,0	Ép.	48 4 12,4	66 5 57,1	8 18 26,3	3 6 [illegible]	10 13 54,3	826,941	0,423 038 4	Neugebauer	R. Luther	5 Oct. 1855
38. Leda	1881 Août 26,0	1880,0	Ép.	348 26 59,9	100 48 16,4	296 21 40,4	6 57 [illegible]	8 55 59,9	782,564 08	0,437 657 8	Rosén	Chacornac.	12 Janv. 1856
39. Laetitia . . .	1881 Sept. 20,0	1880,0	Ép.	256 13 52,8	3 41 37,2	157 22 59,5	10 21 [illegible]	6 26 27,7	769,996 68	0,442 345 2	Maywald.	Chacornac.	8 Fév. 1856
40. Harmonia . .	1863 Janv. 0,0	Ép.	EM.	137 42 26,4	0 54 7,0	93 34 54,2	4 15 [illegible]	2 40 13,6	1039,335 8	0,355 309	E. Schubert	H. Goldschmidt. . . .	31 Mars 1856



NOM ET NUMÉRO.	ÉPOQUE, t. m. Berlin.	Équinoxe moyen de	Nature des éléments.	LONGITUDE moyenne.	LONGITUDE du périhélie.	LONGITUDE du nœud.	Inclinaison.
41. Daphne....	1881 Oct. 20,0	1880,0	Ép.	30° 51′ 0″,7	220° 33′ 17″,0	178° 8′ 30″,4	15° 57′ 43″,9
42. Isis......	1856 Juin 11,0	Ép.	Ép.	274 48 39,8	317 57 50,0	84 27 54,7	8 34 39,9
43. Ariadne ...	1881 Nov. 20,0	1880,0	Ép.	66 28 37,3	278 12 41,4	264 35 31,9	3 27 40,2
44. Nysa.....	1881 Sept. 30,0	1880,0	Ép.	25 43 40,8	111 45 27,4	131 6 10,6	3 42 5,5
45. Eugenia...	1881 Nov. 14,0	1880,0	Ép.	40 27 3,2	230 46 7,4	148 5 49,8	6 34 54,0
46. Hestia....	1881 Juill. 22,0	1880,0	Ép.	340 2 25,3	354 31 22,4	181 27 30,2	2 17 30,8
47. Aglaja....	1881 Juill. 27,0	1880,0	Ép.	305 40 26,0	313 22 18,6	4 14 15,7	5 0 2,2
48. Doris.....	1880 Déc. 4,0	1880,0	Ép.	73 26 13,4	70 33 30,5	184 55 7,5	6 30 30,3
49. Pales.....	1881 Fév. 12,0	1880,0	Ép.	118 40 25,7	31 10 18,3	290 30 16,5	3 7 50,8
50. Virginia ...	1879 Nov. 30,0	1880,0	Ép.	66 49 53,8	9 45 50,0	173 26 26,3	2 47 40,9
51. Nemausa...	1881 Août 31,0	1880,0	Ép.	335 50 32,1	174 19 27,0	175 47 20,1	9 57 4,9
52. Europa....	1881 Mai 23,0	1880,0	Ép.	239 25 42,3	106 47 40,2	129 38 32,5	7 26 23,1
53. Kalypso ...	1881 Août 11,0	1880,0	Ép.	344 38 48,5	92 51 44,5	143 58 19,3	5 6 40,0
54. Alexandra..	1875 Fév. 4,0	1880,0	Ép.	204 30 18,4	294 50 32,0	313 58 15,7	11 45 55,8
55. Pandora ...	1880 Juill. 27,0	1880,0	Ép.	282 26 7,7	12 18 2,3	10 53 21,4	7 13 31,9
56. Melete....	1881 Mars 4,0	1881,0	Ép.	180 9 3,3	294 31 55,3	194 9 32,4	8 1 51,9
57. Mnemosyne.	1881 Août 21,0	1880,0	Ép.	330 32 4,0	53 33 45,5	200 2 3,8	15 12 37,2
58. Concordia..	1865 Janv. 7,0	1880,0	Ép.	216 20 57,0	189 5 52,8	161 18 43,7	5 1 52,3
59. Elpis.....	1865 Janv. 7,0	1880,0	Ép.	302 50 12,3	18 31 16,1	170 22 57,1	8 37 7,4
60. Echo (Titania)	1879 Nov. 30,0	1880,0	Ép.	76 30 47,9	99 12 23,8	191 52 46,3	3 36 14,6
61. Danaë	1881 Oct. 20,0	1881,0	Ép.	15 5 4,8	344 33 37,0	334 14 9,6	18 14 14,2
62. Erato.....	1877 Sept. 21,0	1880,0	Ép.	37 43 18,8	36 58 34,5	125 48 59,4	2 12 25,3
63. Ausonia ...	1881 Oct. 25,0	1880,0	Ép.	21 14 36,3	270 29 45,4	338 4 25,4	5 47 25,4
64. Angelina...	1881 Oct. 30,0	1880,0	Ép.	57 19 6,5	124 30 11,4	310 51 20,1	1 19 10,5
65. Cybele.... (Maximiliana)	1879 Janv. 18,0	1880,0	Ép.	125 53 1,0	261 6 36,6	158 48 13,8	3 36 4,1
66. Maja.....	1880 Sept. 5,0	1880,0	Ép.	355 36 17,5	47 37 4,5	8 19 20,3	3 5 42,4
67. Asia.....	1881 Déc. 9,0	1880,0	Ép.	58 38 41,9	306 30 53,5	202 43 46,5	5 59 11,6
68. Leto.....	1864 Fév. 22,0	1880,0	Ép.	92 44 23,9	345 14 4,3	45 1 0,5	7 57 37,6
69. Hesperia...	1874 Déc. 23,0	1880,0	Ép.	34 51 6,8	108 27 46,0	187 9 46,5	8 27 52,5
70. Panopaea ..	1874 Janv. 0,0	1870,0	Ép.	241 20 27,6	300 39 5,0	48 3 53,1	11 37 47,0
71. Niobe.....	1880 Oct. 5,0	1880,0	Ép.	19 51 55,0	221 56 41,7	316 21 40,2	23 18 56,0
72. Feronia ...	1879 Nov. 30,0	1880,0	Ép.	7 23 48,5	307 52 27,4	207 48 42,0	5 23 59,8
73. Klytia	1875 Mars 16,0	1880,0	Ép.	169 54 17,4	57 55 12,2	7 42 0,5	2 24 20,0
74. Galatea....	1881 Déc. 4,0	1880,0	Ép.	53 6 11,7	8 30 14,3	197 51 36,3	4 0 10,0
75. Eurydike...	1880 Juill. 12,0	1880,0	Ép.	23 38 23,0	335 26 32,0	359 54 7,9	5 0 42,0
76. Freia.....	1881 Nov. 9,0	1880,0	Ép.	53 47 17,3	91 12 16,5	212 6 41,9	2 2 54,7
77. Frigga ...	1868 Avril 8,0	1880,0	Ép.	190 31 58,9	58 40 6,9	1 58 52,0	2 27 40,8
78. Diana	1878 Oct. 26,0	1880,0	Ép.	45 10 21,5	121 40 27,9	333 50 44,4	8 39 30,2
79. Eurynome..	1874 Juill. 26,0	1880,0	Ép.	210 40 18,0	44 26 20,4	206 44 20,9	4 36 54,5
80. Sappho....	1882 Sept. 25,0	1880,0	Ép.	1 3 3,2	355 30 44,5	218 32 46,3	8 37 37,7

NOM ET NUMÉRO.	ANGLE dont le sinus est égal à l'excentricité.	Moyen mouvement diurne.	Logarithme du demi-grand axe.	CALCULATEUR.	AUTEUR de la découverte.	DATE de la découverte.
41. Daphne	15° 37′ 33″,0	770″,151 44	0,442 287 0	Maywald.........	H. Goldschmidt....	22 Mai 1856
42. Isis	13 2 30,6	930,905 7	0,387 401	Brünn	Pogson.........	23 Mai 1856
43. Ariadne	9 37 56,5	1084,136 4	0,343 281	Prey	Pogson, ...	15 Avril 1857
44. Nysa	8 46 40,6	941,308 85	0,384 156 4	Powalky........	H. Goldschmidt....	27 Mai 1857
45. Eugenia	4 36 41,4	769,003 41	0,436 285 1	Maywald........	H. Goldschmidt....	27 Juin 1857
46. Hestia	9 37 22,3	883,006 02	0,402 380 7	Karlinski	Pogson.........	16 Août 1857
47. Aglaja	7 27 21,4	725,082 67	0,459 366 9	Powalky........	R. Luther	15 Sept. 1857
48. Doris	3 43 9,8	646,106 92	0,488 134 8	Powalky........	H. Goldschmidt....	19 Sept. 1857
49. Pales	13 21 54,5	653,302 25	0,480 866 4	Powalky........	H. Goldschmidt....	19 Sept. 1857
50. Virginia	16 34 35,2	822,495 6	0,423 247 6	Powalky........	Ferguson	4 Oct. 1857
51. Nemausa	3 53 57,2	975,648 58	0,373 608 8	Tietjen..........	Laurent	22 Janv. 1858
52. Europa	6 21 4,8	651,230 58	0,480 852 3	Maywald........	H. Goldschmidt....	4 Fév. 1858
53. Kalypso	11 53 7,6	837,855 14	0,417 894 7	Kochwill........	R. Luther	4 Avril 1858
54. Alexandra	11 20 21,1	794,122 06	0,433 412 4	Schultz.........	H. Goldschmidt....	10 Sept. 1858
55. Pandora	8 44 26,7	774,319 63	0,440 724 2	Moeller.........	Searle	10 Sept. 1858
56. Melete	13 40 8,8	847,713 10	0,414 505 1	R. Luther	H. Goldschmidt....	9 Sept. 1857
57. Mnemosyne	6 36 8,5	636,270 73	0,488 024 9	Adolph.........	R. Luther	22 Sept. 1859
58. Concordia	2 26 21,8	799,506 42	0,431 423 8	Von Oppolzer.....	R. Luther	24 Mars 1860
59. Elpis	6 44 2,7	793,978 81	0,433 405 1	Von Oppolzer.....	Chacornac.......	12 Sept. 1860
60. Echo (Titania)	10 39 27,8	988,411 2	0,379 080 4	C.-H.-F. Peters....	Ferguson	15 Sept. 1860
61. Danaë	9 29 40,0	687,066 00	0,475 066 2	R. Luther	H. Goldschmidt ...	9 Sept. 1860
62. Erato	10 6 47,4	612,586 86	0,494 726 0	Von Oppolzer.....	Foerster et Lesser ..	14 Sept. 1860
63. Ausonia	7 6 10,1	958,136 40	0,379 657 8	Tietjen..........	De Gasparis......	10 Fév. 1861
64. Angelina	7 13 4,7	806,807 06	0,428 824 4	Von Oppolzer.....	Tempel	4 Mars 1861
65. Cybele	6 15 54,9	558,304 40	0,535 425 2	Oppenheim	Tempel	8 Mars 1861
66. Maja	10 2 13,3	824,708 7	0,422 471	Schulhof........	Tuttle	9 Avril 1861
67. Asia	10 45 30,7	941,541 04	0,384 111 5	Maywald........	Pogson.........	17 Avril 1861
68. Leto	10 51 9,3	765,276 58	0,444 196 6	T. Wolff........	R. Luther	29 Avril 1861
69. Hesperia	9 47 20,8	689,875 97	0,474 157 1	Kowalczyk.......	Schiaparelli......	29 Avril 1861
70. Panopaea	10 26 33,1	838,060 30	0,417 462 1	Dunér	H. Goldschmidt....	5 Mai 1861
71. Niobe	10 1 6,5	774,640 11	0,440 691 1	Becker.........	R. Luther	13 Août 1861
72. Feronia	6 56 6,0	1040,102 6	0,355 986 9	C.-H.-F. Peters....	C.-H.-F. Peters et Safford.	29 Mai 1861
73. Klytia	2 24 13,2	815,400 3	0,425 757 1	Powalky........	Tuttle..........	7 Avril 1862
74. Galatea	13 30 30,5	785,792 07	0,443 890 5	Maywald........	Tempel.........	29 Août 1862
75. Eurydike	17 52 30,8	813,031 53	0,426 530 5	Stockwell	C.-H.-F. Peters ...	22 Sept. 1862
76. Freia	9 54 20,2	560,912 90	0,534 074 1	Maywald........	D'Arrest........	21 Oct. 1862
77. Frigga	7 33 3,5	813,698 62	0,425 363 3	Plath..........	C.-H.-F. Peters....	12 Nov. 1862
78. Diana	11 59 18,0	836,560 77	0,418 339 4	Von Dubjago.....	R. Luther	15 Mars 1863
79. Eurynome	11 12 40,7	928,873 66	0,385 683 3	Reimann........	Watson.........	14 Sept. 1863
80. Sappho	11 31 55,5	1020,066 21	0,360 986 1	Albrecht........	Pogson	2 Mai 1864



NOM ET NUMÉRO.	ÉPOQUE, t. m. Berlin.	Équinoxe moyen de	Nature des éléments	LONGITUDE moyenne.	LONGITUDE du périhélie.	LONGITUDE du nœud.	Inclinaison.	ANGLE dont le sinus est égal à l'excentricité.	Moyen mouvement diurne.	Logarithme du demi-grand axe.	CALCULATEUR.	AUTEUR de la découverte.	DATE de la découverte.
81. Terpsichore.	1864 Oct. 6,0	1860,0	Ép.	29° 8′ 25″,0	40° 42′ 1″,6	2° 44′ 44″,0	7° 55′ 46″,3	12° 10′ 46″,4	735″,174 42	0,455 350 6	Hall.	Tempel.	30 Sept. 1864
82. Alkmene. .	1877 Sept. 21,0	1880,0	Ép.	16 20 15,0	132 6 4,4	26 56 53,5	2 51 1,9	12 40 36,3	772,747 72	0,441 812 6	Seffert.	R. Luther	27 Nov. 1864
83. Beatrix . . .	1881 Août 11,0	1880,0	Ép.	311 42 21,5	191 5 50,2	27 31 7,0	5 0 6,4	4 54 40,1	936,600 72	0,383 634 7	Becker.	De Gasparis.	26 Avril 1865
84. Klio.	1880 Déc. 14,0	1880,0	Ép.	58 0 25,3	339 24 46,7	327 22 34,6	9 21 30,1	13 59 55,6	977,510 54	0,372 167 8	Valentiner.	R. Luther	25 Août 1865
85. Io.	1878 Déc. 5,0	1880,0	Ép.	45 38 34,2	322 43 8,1	203 45 8,1	11 52 41,7	11 11 20,4	821,466 0	0,423 881 7	C.-H.-F. Peters	C.-H.-F. Peters	19 Sept. 1865
86. Semele . . .	1881 Août 11,0	1880,0	Ép.	292 46 27,6	29 30 50,7	87 46 23,0	4 47 36,6	12 34 2,7	649,236 55	0,491 726 2	Anderson	Tietjen.	4 Janv. 1866
87. Sylvia. . . .	1881 Oct. 26,0	1880,0	Ép.	24 34 54,4	334 12 57,9	75 36 23,9	10 55 8,0	4 47 20,5	543,701 72	0,543 097 3	Plath.	Pogson.	16 Mai 1866
88. Thisbe . . .	1879 Août 23,0	1880,0	Ép.	244 36 54,6	309 26 24,6	277 36 29,4	5 13 32,7	9 15 16,2	770,291 78	0,442 234 2	Kowalczyk.	C.-H.-F. Peters	15 Juin 1866
89. Julia	1866 Oct. 20,0	1866,0	Ép.	345 12 45,7	353 26 19,3	311 41 36,1	16 10 54,1	10 24 3,3	870,841 22	0,406 712 0	T. Wolff	Stéphan	6 Août 1866
90. Antiope . . .	1881 Mars 24,0	1880,0	Ép.	223 43 14,5	301 19 26,9	71 25 0,7	2 16 26,4	9 26 44,8	636,150 96	0,497 634 0	Maywald.	R. Luther	1 Oct. 1866
91. Aegina . . .	1881 Mai 2,0	1880,0	Ép.	214 58 17,7	81 56 22,7	10 53 7,4	2 8 12,1	6 10 26,6	851,229 68	0,413 306 6	Von Oppolzer	Borrelly	4 Nov. 1866
92. Undina . . .	1879 Janv. 14,0	1880,0	Ép.	320 6 56,9	329 13 46,8	102 30 51,2	9 56 20,4	5 56 4,3	622,306 72	0,503 972 5	Anderson.	C.-H.-F. Peters	7 Juill. 1867
93. Minerva. . .	1879 Fév. 2,0	1880,0	Ép.	155 55 4,4	274 42 35,8	5 9 11,9	8 36 3,3	7 59 4,8	775,636 67	0,440 261 3	P. Lehmann.	Watson.	24 Août 1867
94. Aurora . . .	1880 Juill. 22,0	1880,0	Ép.	179 37 41,0	40 18 43,4	4 10 5,5	8 4 12,2	4 48 27,6	630,869 6	0,500 047 4	Leppig.	Watson	6 Sept. 1867
95. Arethusa . .	1877 Août 12,0	1880,0	Ép.	342 36 58,7	32 55 5,0	244 17 36,4	12 54 4,6	8 19 16,5	650,227 55	0,487 313 9	Schur.	R. Luther	23 Nov. 1867
96. Aegle	1873 Mars 6,0	1870,0	Ép.	130 14 26,5	163 9 50,3	322 40 44,4	16 6 47,3	8 4 31,6	666,218 91	0,484 269 7	Schulhof.	Coggia	17 Fév. 1868
97. Klotho . . .	1881 Mars 4,0	1880,0	Ép.	124 17 27,9	66 23 12,6	160 30 3,7	11 45 35,5	14 46 30,1	813,186 73	0,426 543 8	Maywald.	Tempel.	17 Fév. 1868
98. Ianthe. . . .	1879 Août 2,0	1880,0	Ép.	16 56 40,4	148 36 32,5	354 6 8,2	15 34 27,9	10 36 13,3	805,370 0	0,429 340 5	C.-H.-F. Peters	C.-H.-F. Peters	18 Avril 1868
99. Dike.	1868 Juin 5,0	1868,0	Ép.	231 11 45	240 38 34	41 43 42	13 53 17	13 47 30	753,662	0,446 04	Loewy et Tisserand. .	Borrelly	28 Mai 1868
100. Hekate . . .	1879 Août 22,0	1880,0	Ép.	321 20 26,5	307 30 23,6	128 11 40,9	6 23 14,0	9 26 11,0	652,096 40	0,490 476 5	Stark.	Watson.	11 Juill. 1868
101. Helena . . .	1881 Nov. 19,0	1880,0	Ép.	46 49 33,9	327 50 6,0	343 37 22,0	10 10 6,0	7 50 29,1	853,612 76	0,412 497 1	Watson.	Watson.	15 Août 1868
102. Miriam . . .	1878 Déc. 15,0	1880,0	Ép.	323 6 44,6	354 50 48,3	211 41 29,9	5 5 3,6	14 23 1,8	816,737 0	0,425 248 9	C.-H.-F. Peters	C.-H.-F. Peters	22 Août 1868
103. Hera	1877 Oct. 21,0	1880,0	Ép.	10 57 30,1	320 30 30,2	136 12 27,0	5 23 55,1	4 36 35,5	799,067 54	0,431 615 4	Leveau.	Watson.	7 Sept. 1868
104. Klymene . .	1881 Janv. 3,0	1880,0	Ép.	66 45 39,9	30 32 15,6	43 31 48,2	2 54 10,2	9 5 7,7	634,446 004	0,496 407 7	Watson.	Watson.	13 Sept. 1868
105. Artemis. . .	1881 Janv. 3,0	1880,0	Ép.	112 43 34,4	242 40 25,5	186 0 21,5	21 30 4,4	10 8 56,3	971,070 46	0,375 167 9	Watson.	Watson.	16 Sept. 1868
106. Dione. . . .	1879 Nov. 30,0	1880,0	Ép.	12 58 39,0	26 50 56,6	63 13 30,5	4 36 2,2	10 16 6,9	630,505 0	0,500 644 0	Seydler.	Watson.	10 Oct. 1868
107. Camilla. . .	1880 Août 16,0	1880,0	Ép.	336 3 24,8	115 53 14,6	176 17 54,2	9 53 40,3	4 29 16,2	545,446 3	0,542 170	Schulhof.	Pogson.	17 Nov. 1868
108. Hecuba . . .	1875 Fév. 21,0	1880,0	Ép.	192 55 16,3	172 30 42,7	353 25 31,5	4 24 1,9	5 53 12,4	616,360 86	0,506 775 8	Schulhof.	R. Luther	2 Avril 1869
109. Felicitas . .	1869 Oct. 31,0	1869,0	Ép.	30 53 16,2	55 36 27,9	4 36 8,1	8 2 54,1	17 27 36,5	802,051 02	0,430 554 6	Rogers.	C.-H.-F. Peters	9 Oct. 1869
110. Lydia	1878 Mars 15,0	1880,0	Ép.	182 32 10,2	337 16 8,5	57 3 30,0	5 59 46,3	4 26 42,0	786,144 07	0,436 704 5	Oppenheim	Borrelly	19 Avril 1870
111. Ate	1873 Mai 5,0	1880,0	Ép.	201 57 26,5	106 39 8,7	306 21 46,2	4 56 37,0	6 2 36,4	840,927 82	0,413 740 7	Holetschek.	C.-H.-F. Peters	14 Août 1870
112. Iphigenia. .	1878 Déc. 25,5	1878,0	Ép.	66 21 11,3	337 53 36,6	324 2 2,4	2 36 35,1	7 10 8,5	934,430 11	0,386 366 6	Rogers.	C.-H.-F. Peters	19 Sept. 1870
113. Amalthea. .	1880 Nov. 4,0	1880,0	Ép.	46 54 10,9	200 8 44,6	123 4 46,1	5 2 10,5	4 55 40,4	968,152 60	0,376 082 6	Maywald.	R. Luther	12 Mars 1871
114. Kassandra .	1877 Janv. 24,0	1880,0	Ép.	45 16 7,0	102 51 9,6	164 29 20,0	4 54 26,3	8 4 22,3	810,827 06	0,427 866 4	Anton	C. H.-F. Peters	23 Juill. 1871
115. Thyra. . . .	1881 Mai 3,0	1880,0	Ép.	213 22 20,2	43 0 5,2	308 5 14,0	11 34 26,6	11 6 47,0	965,960 66	0,376 696 1	Watson.	Watson.	6 Août 1871
116. Sirona . . .	1879 Juin 26,5	1880,0	Ép.	292 30 50,2	152 41 17,8	64 27 31,7	3 35 8,3	8 12 10,2	774,404 01	0,441 016 4	Oppenheim	C.-H.-F. Peters	8 Sept. 1871
117. Lomia. . . .	1871 Sept. 15,5	1880,0	Ép.	308 9 24,4	46 45 40,4	349 58 42,5	14 57 32,2	1 16 42,0	680,632 8	0,476 774 6	Wijkander.	Borrelly	12 Sept. 1871
118. Peitho. . . .	1872 Mars 24,5	1880,0	Ép.	160 32 40,4	77 30 56,6	47 20 36,2	7 40 8,1	9 14 44,7	931,691 7	0,387 153	Holetschek.	R. Luther	15 Mars 1872
119. Althaea. . .	1881 Juin 12,0	1880,0	Ép.	270 57 37,5	12 25 27,8	203 54 11,2	5 48 9,8	4 40 9,9	855,504 86	0,411 860 2	Watson.	Watson.	3 Avril 1872
120. Lachesis . .	1881 Déc. 20,0	1880,0	Ép.	104 30 26,6	221 30 26,6	343 34 24,5	6 50 16,1	3 0 37,1	644,354 77	0,493 981 1	Plath.	Borrelly	10 Avril 1872

NOM ET NUMÉRO.	ÉPOQUE, t. m. Berlin.	Équinoxe moyen de	Nature des éléments.	LONGITUDE moyenne.	LONGITUDE du périhélie.	LONGITUDE du nœud.	Inclinaison.	ANGLE dont le sinus est égal à l'excentricité.	Moyen mouvement diurne.	Logarithme du demi-grand axe.	CALCULATEUR.	AUTEUR de la découverte.	DATE de la découverte.
121. Hermione. .	1881 Nov. 10,0	1880,0	Ép.	68° 6′ 55″,8	250° 28′ 55″,6	76° 46′ 1″,6	7° 37′ 53″,3	7° 41′ 58″,9	551″,262 41	0,538 944 3	Watson.	Watson.	12 Mai 1872
122. Gerda. . . .	1880 Déc. 20,0	1880,0	Ép.	119 26 30,6	204 27 22,8	178 43 40,2	1 36 30,3	2 19 47,7	615,560 0	0,507 153 3	Stockwell	C.-H.-F. Peters	31 Juill. 1872
123. Brunhild . .	1879 Fév. 22,0	1879,0	Ép.	148 30 40,6	68 57 30,0	308 27 7,5	6 24 37,9	7 0 48,4	801,840 95	0,430 609 2	Rogers.	C.-H.-F. Peters	31 Juill. 1872
124. Alkeste. . .	1879 Fév. 6,5	1880,0	Ép.	150 7 16,8	244 40 26,2	188 22 53,8	2 55 30,7	4 27 37,8	832,002 42	0,419 921 4	A. Hall.	C.-H.-F. Peters	23 Août 1872
125. Liberatrix .	1879 Janv. 14,0	1879,0	Ép.	120 28 26,2	272 35 22,5	169 32 54,4	4 37 30,7	4 27 32,5	780,723 18	0,436 330 7	Roche et Schulhof . .	Prosper Henry	11 Sept. 1872
126. Velleda. . .	1874 Janv. 0,0	1870,0	Ép.	137 41 6,8	347 45 50,3	23 7 40,0	2 56 9,0	6 5 31,4	939,979 2	0,387 377 7	Paul Henry	Paul Henry	5 Nov. 1872
127. Johanna. . .	1881 Oct. 10,0	1880,0	Ép.	27 15 14,1	119 30 45,0	31 45 25,2	3 46 47,5	3 38 18,6	775,336 44	0,440 344 3	Renan	Prosper Henry	5 Nov. 1872
128. Nemesis(Laomia)	1880 Juill. 7,0	1880,0	Ép.	296 4 10,0	16 48 7,7	76 28 2,9	6 13 42,3	7 21 51,8	777,468 4	0,439 838 8	Palisa	Watson.	25 Nov. 1872
129. Antigone . .	1880 Oct. 15,0	1880,0	Ép.	8 48 7,7	241 45 16,6	137 55 47,9	12 9 0,1	12 1 30,3	787,229 46	0,458 869 1	Austin	C.-H.-F. Peters	5 Fév. 1873
130. Elektra . . .	1875 Déc. 21,0	1880,0	Ép.	312 45 19,1	26 32 35,8	146 1 4,8	22 54 40,5	11 19 25,5	642,818 8	0,494 558 0	Powalky	C.-H.-F. Peters	17 Fév. 1873
131. Vala.	1880 Mars 15,0	1880,0	Ép.	178 5 40,5	267 54 50,6	65 17 20,0	4 36 20,0	4 40 0,0	942,230 90	0,385 878 3	Stockwell	C.-H.-F. Peters	24 Mai 1873
132. Aethra . . .	1884 Janv. 2,0	1880,0	Ép.	144 48 53,8	152 36 7,5	259 44 22,7	24 56 33,5	22 31 30,8	846,304 61	0,414 906 1	Watson.	Watson.	13 Juin 1873
133. Cyrene . . .	1880 Déc. 14,0	1880,0	Ép.	95 30 3,4	247 13 10,2	321 7 53,3	7 13 43,6	9 2 14,7	662,595 06	0,486 406 7	Maywald	Watson.	16 Août 1873
134. Sophrosyne.	1881 Août 31,0	1880,0	Ép.	261 7 46,1	67 30 46,0	346 21 23,2	11 35 33,0	6 44 14,2	865,574 62	0,408 802 9	Maywald.	R. Luther	27 Sept. 1873
135. Hertha . . .	1881 Janv. 23,0	1880,0	Ép.	112 26 21,4	319 53 20,6	343 54 55,4	2 16 34,1	11 59 12,1	936,114 90	0,386 167 0	Tietjen.	C.-H.-F. Peters	18 Fév. 1874
136. Austria. . .	1879 Déc. 10,0	1880,0	Ép.	86 46 23,3	316 6 3,1	186 0 30,6	9 33 23,3	4 23 5,5	1020,392 06	0,359 128 9	Oppenheim	Palisa	18 Mars 1874
137. Meliboea . .	1881 Oct. 10,0	1880,0	Ép.	264 44 5,4	306 11 43,1	204 22 25,2	13 22 10,9	11 56 24,5	641,545 5	0,515 186	Schulhof.	Palisa	21 Avril 1874
138. Tolosa . . .	1881 Mars 4,0	1880,0	Ép.	179 5 12,1	311 22 36,5	54 40 17,1	3 13 44,3	9 19 20,1	926,019 21	0,388 934 4	Plath.	Perrotin.	19 Mai 1874
139. Juewa. . . .	1881 Fév. 23,5	1881,0	Ép.	164 30 12,2	164 24 0,4	2 51 10,3	10 57 10,9	10 12 30,7	765,786 68	0,443 943 9	Tietjen.	Watson.	10 Oct. 1874
140. Siwa.	1881 Fév. 12,0	1880,0	Ép.	148 30 12,3	300 17 4,2	107 6 19,6	3 11 34,6	12 21 6,2	786,123 37	0,436 343 9	Franz	Palisa	13 Oct. 1874
141. Lumen . . .	1880 Mars 29,0	1880,0	Ép.	196 47 0,6	13 53 57,4	319 8 53,8	11 57 10,3	12 12 47,4	814,516 60	0,426 071 3	Tietjen.	Prosper Henry	13 Janv. 1875
142. Polana . . .	1880 Sept. 5,0	1880,0	Ép.	217 32 36,3	219 53 54,6	292 17 0,5	2 14 25,1	7 35 40,0	942,875 6	0,383 701	Schulhof.	Palisa	28 Janv. 1875
143. Adria. . . .	1875 Fév. 26,5	1875,0	Ép.	158 12 5,7	222 27 7,5	333 41 37,0	11 30 11,6	4 10 53,8	773,606	0,441 236	Schramm	Palisa	23 Fév. 1875
144. Vibilia . . .	1876 Déc. 15,0	1880,0	Ép.	82 46 13,2	7 11 23,7	76 47 23,1	4 46 10,5	12 24 36,5	821,218 4	0,423 670 4	Powalky	C.-H.-F. Peters	3 Juin 1875
145. Adeona. . .	1875 Janv. 0,0	1880,0	Ép.	212 21 56,9	116 26 26,1	77 30 22,2	12 46 12,9	7 10 41,4	815,417	0,425 740 0	Porter	C.-H.-F. Peters	3 Juin 1875
146. Lucina . . .	1875 Juin 21,5	1880,0	Ép.	267 3 17,7	216 3 1,3	84 14 17,6	13 14 43,1	3 38 8,9	797,865	0,434 082	A. Schmidt	Borrelly	8 Juin 1875
147. Protogeneia.	1880 Juin 7,0	1880,0	Ép.	299 6 47,4	25 30 23,9	251 14 12,4	1 53 52,6	1 37 40,8	638,065 40	0,496 466 8	Maywald, ...	Schulhof.	10 Juill. 1875
148. Gallia. . . .	1875 Sept. 12,0	1880,0	Ép.	254 40 14,8	36 7 8,1	145 12 57,9	25 21 16,6	10 40 31,9	769,514 5	0,442 338 5	Bossert	Prosper Henry	7 Août 1875
149. Medusa. . .	1875 Sept. 30,5	1880,0	Ép.	249 10 21,0	246 41 4,6	160 7 46,4	1 5 54,1	6 54 20,4	1130,105	0,328 930 0	Tietjen.	Perrotin.	21 Sept. 1875
150. Nuwa	1881 Déc. 26,5	1880,0	Ép.	56 3 34,2	355 40 25,3	207 35 11,8	2 6 30,9	7 31 15,5	688,966 32	0,474 123 3	Oppenheim	Watson.	18 Oct. 1875
151. Abundantia.	1879 Oct. 21,0	1880,0	Ép.	30 45 24,4	167 21 26,3	38 51 42,4	6 37 8,1	2 3 31,8	850,726 4	0,413 477 3	Tietjen.	Palisa	1 Nov. 1875
152. Atala	1876 Janv. 1,0	1880,0	Ép.	59 32 11,3	84 59 21,8	41 34 26,4	12 12 25,5	4 59 12,8	636,016 7	0,496 320	Bossert	Paul Henry	2 Nov. 1875
153. Hilda	1880 Mai 2,0	1880,0	Ép.	224 50 34,3	285 46 50,1	228 19 42,4	7 54 42,5	9 54 40,1	451,580 2	0,596 847	Kühnert	Palisa	2 Nov. 1875
154. Bertha . . .	1878 Avril 9,0	1880,0	Ép.	209 17 55,0	164 23 40,7	37 23 32,5	20 59 20,9	4 45 45,0	622,262 92	0,503 975 2	Anton.	Prosper Henry	4 Nov. 1875
155. Scylla. . . .	1875 Nov. 8,5	1875,0	Ép.	64 5 55	83 1 8	42 22 8	14 4 20	14 40 20	712,787 5	0,464 262	Schulhof	Palisa	8 Nov. 1875
156. Xanthippe .	1875 Nov. 27,5	1880,0	Ép.	88 52 38,9	156 0 50,3	240 14 20,4	7 28 37,5	15 47 22,2	670,220	0,482 821 8	A. Schmidt	Palisa	22 Nov. 1875
157. Dejanira . .	1875 Déc. 27,5	1881,0	Ép.	66 12 35,8	107 24 15,6	68 31 0,9	12 9 4,1	12 8 50,6	864,864 0	0,412 092	Leman.	Borrelly	1 Déc. 1875
158. Koronis. . .	1881 Janv. 23,0	1880,0	Ép.	110 17 50,7	58 1 26,7	281 18 40,7	6 30 50,5	2 2 12,9	720,880 20	0,457 571 1	Tietjen.	Knorre.	4 Janv. 1876
159. Aemilia. . .	1879 Août 23,0	1880,0	Ép.	314 14 7,7	101 19 54,8	135 15 24,1	6 4 30,6	6 15 22,5	646,467 66	0,492 213	Leman.	Paul Henry	26 Janv. 1876
160. Una	1876 Mars 10,0	1880,0	Ép.	148 46 30,7	56 57 7,9	9 21 40,0	3 51 32,5	3 34 42,8	767,191 73	0,435 680 6	Porter	C.-H.-F. Peters	20 Fév. 1876



NOM ET NUMÉRO.	ÉPOQUE, t. m. Berlin.	Équinoxe moyen de	Nature des éléments.	LONGITUDE moyenne.	LONGITUDE du périhélie.	LONGITUDE du nœud.	Inclinaison.	ANGLE dont le sinus est égal à l'excentricité.	Moyen mouvement diurne.	Logarithme du demi-grand axe.	CALCULATEUR.	AUTEUR de la découverte.	DATE de la découverte.
161. Athor....	1880 Juin 17,0	1880,0	Ép.	271°57′17″,3	313°19′26″,3	18°38′55″,2	9° 6′46″,1	7°21′41″,8	970″,900 48	0,375 489 8	Watson.........	Watson.........	19 Avril 1876
162. Laurentia..	1876 Août 25,0	1880,0	Ép.	196 41 22,8	145 45 16,0	38 14 11,6	6 9 17,4	10 5 22,8	673,135	0,481 270	Zelbr..........	Prosper Henry....	21 Avril 1876
163. Erigone...	1876 Mai 26,5	1880,0	Ép.	206 32 52,9	93 40 22,9	159 5 36,1	4 41 29,9	9 0 59,3	981,148	0,372 191 4	Leman..........	Perrotin........	26 Avril 1876
164. Eva.....	1881 Déc. 29,0	1880,0	Ép.	40 10 53,7	359 39 43,4	77 28 26,6	24 24 41,5	20 18 22,8	830,307 8	0,420 511 7	Küstner.........	Paul Henry......	12 Juill. 1876
165. Loreley...	1878 Janv. 19,0	1880,0	Ép.	46 49 16,5	276 30 49,3	304 7 37,4	11 12 49,3	4 22 45,6	642,033 8	0,494 876 7	Powalky........	C.-H.-F. Peters....	9 Août 1876
166. Rhodope..	1878 Janv. 19,0	1880,0	Ép.	30 14 9,1	30 51 26,0	129 33 30,5	12 1 50,1	12 21 32,5	808,602 1	0,430 193 7	Powalky........	C.-H.-F. Peters....	15 Août 1876
167. Urda....	1876 Janv. 8,0	1876,0	Ép.	317 43 27,4	32 33 22,2	170 7 26,4	2 12 14,5	18 10 30,6	614,475	0,507 098 1	C.-A.-F. Peters....	C.-H.-F. Peters...	28 Août 1876
168. Sibylla...	1881 Juin 12,0	1880,0	Ép.	279 46 13,1	11 26 1,1	202 47 26,6	4 32 32,3	4 3 32,5	571,884 34	0,528 466 3	Tietjen.........	Watson........	27 Sept. 1876
169. Zelia.....	1880 Oct. 30,0	1880,0	Ép.	43 46 42,2	350 53 35,0	354 37 2,7	5 30 40,3	7 28 2,2	978,802 5	0,372 963 1	Leman..........	Prosper Henry....	28 Sept. 1876
170. Maria....	1879 Août 23,0	1880,0	Ép.	348 34 42,6	95 47 19,5	301 19 32,8	14 22 30,1	3 30 38,6	868,827 98	0,407 381 5	Abetti.........	Perrotin........	10 Janv. 1877
171. Ophelia...	1881 Déc. 9,0	1880,0	Ép.	98 57 20,8	143 25 42,2	101 40 14,2	2 32 40,0	6 45 32,7	636,548 70	0,497 005 2	Maywald........	Borrelly........	13 Janv. 1877
172. Baucis...	1881 Avril 12,0	1880,0	Ép.	290 7 40,7	328 35 42,0	331 51 30,9	10 1 21,3	6 30 29,4	966,398 95	0,376 567 0	Tietjen.........	Borrelly........	5 Fév. 1877
173. Ino.....	1880 Mars 29,0	1880,0	Ép.	192 46 22,3	13 37 50,0	148 25 50,0	14 14 25,7	11 40 46,6	780,236 9	0,438 590 1	Tietjen.........	Borrelly........	1 Août 1877
174. Phaedra..	1880 Janv. 29,0	1880,0	Ép.	147 42 37,0	253 26 9,1	328 30 14,8	12 10 23,7	6 23 18,2	782,125 40	0,456 947	Oppenheim.....	Watson........	2 Sept. 1877
175. Andromache.	1881 Janv. 3,0	1880,0	Ép.	186 39 11,6	293 9 30,8	23 34 7,9	3 40 25,0	20 22 12,0	541,600 60	0,541 534 3	Watson.........	Watson.........	1 Oct. 1877
176. Iduna....	1881 Mai 27,0	1880,0	Ép.	247 26 14,0	20 40 30,8	201 11 40,6	22 31 22,1	9 37 28,8	622,670 0	0,503 848 3	Howe..........	C.-H.-F. Peters....	14 Oct. 1877
177. Irma....	1877 Déc. 7,5	1880,0	Ép.	42 34 7,0	26 14 25,6	348 39 55,1	1 26 3,5	13 28 13,5	774,002 3	0,440 864 9	Küstner........	Paul Henri......	5 Nov. 1877
178. Belisana..	1877 Nov. 7,5	1880,0	Ép.	30 2 46,6	230 13 16,5	50 41 2,4	1 55 44,3	3 30 1,6	930,007 0	0,390 782 0	Rüling.........	Palisa.........	6 Nov. 1877
179. Klytaemnestra.	1881 Juill. 22,5	1880,0	Ép.	300 45 7,6	354 53 29,4	253 45 44,0	7 47 30,5	6 14 40,5	692,226 08	0,473 172 5	Oppenheim......	Watson........	11 Nov. 1877
180. Garumna..	1879 Juin 23,0	1878,0	Ép.	290 44 26,0	126 34 32,2	315 4 13,1	0 52 24,1	9 40 53,1	787,412 0	0,435 870	Leman.........	Perrotin.......	29 Janv. 1878
181. Eucharis..	1881 Août 31,0	1880,0	Ép.	0 13 22,2	95 39 1,2	144 45 56,9	18 35 24,3	12 44 3,9	641,381 81	0,493 908	Leman.........	Cottenot........	2 Fév. 1878
182. Elsa.....	1880 Janv 0,0	1880,0	Ép.	206 30 30,5	54 38 7,9	106 30 32,8	2 0 29,3	10 43 51,3	944,048 7	0,383 344	Robbers........	Palisa.........	7 Fév. 1878
183. Istria....	1878 Fév. 10,0	1878,0	Ép.	30 41 17,8	44 30 36,2	142 46 2,7	26 30 40,3	20 40 17,7	786,376 7	0,447 595	Donner.......	Palisa.........	8 Fév. 1878
184. Dejopeja..	1881 Oct. 30,0	1880,0	Ép.	30 22 54,2	160 22 20,4	336 18 30,1	1 12 24,5	4 9 23,4	632,266 9	0,385 558 0	Thraen.........	Palisa.........	28 Fév. 1878
185. Eunike...	1882 Fév. 12,0	1880,0	Ép.	104 14 46,7	15 8 19,6	153 47 24,2	23 16 10	7 19 46,2	783,334 9	0,437 372 7	Maywald........	C.-H.-F. Peters....	1 Mars 1878
186. Celuta....	1879 Déc. 18,5	1879,0	Ép.	16 11 51,6	327 10 33,9	14 30 56,0	13 10 55,1	8 42 7,9	977,406 5	0,373 376	Leman.........	Paul Henry......	6 Avril 1878
187. Lamberta..	1879 Oct. 1,6	1880,0	Ép.	319 2 52,4	113 25 47,0	22 10 34,7	10 42 10,3	13 26 53,8	782,391 30	0,437 792	Leman.........	Coggia........	11 Avril 1878
188. Menippe..	1878 Juill. 5,5	1880,0	Ép.	272 46 42,5	300 30 36,7	241 46 7,9	11 21 40,1	12 23 40,2	746,636	0,450 417 5	Leman;........	C.-H.-F. Peters....	18 Juin 1878
189. Phthia...	1881 Juin 12,5	1880,0	Ép.	299 6 19,3	0 26 53,8	203 22 10,6	5 9 10,1	2 2 4,6	926,508 40	0,390 084 1	Oppenheim......	C.-H.-F. Peters....	9 Sept 1878
190. Ismene...	1878 Oct. 26,0	1880,0	Ép.	30 43 55,1	105 17 43,3	177 4 54,1	6 7 10	9 10 12,2	454,067 4	0,595 257 6	Küstner........	C.-H.-F. Peters....	22 Sept. 1878
191. Kolga....	1878 Nov. 15,5	1878,0	Ép.	10 55 48,8	10 22 11,8	160 30 47,8	11 32 31,1	4 42 6,6	722,498 3	0,460 780	Leman..........	C.-H.-F. Peters....	30 Sept. 1878
192. Nausikaa..	1881 Déc. 25,0	1880,0	Ép.	60 46 37,8	16 25 4,7	343 17 35,1	6 52 30,3	14 15 47,5	992,699 72	0,360 760 3	Lange.........	Palisa.........	17 Fév. 1879
193. Ambrosia..	1879 Mars 25,5	1879,0	Ép.	130 40 6,9	70 51 31,1	351 14 32,4	11 38 30,3	10 34 52,0	805,296 0	0,410 912	Leman.........	Coggia.........	28 Fév. 1879
194. Prokne...	1880 Août 16,0	1880,0	Ép.	320 30 47,9	319 53 1,6	155 26 11,6	18 24 4,3	13 43 12,1	828,130 2	0,417 793 6	Küstner........	C.-H.-F. Peters,...	21 Mars 1879
195. Eurykleia..	1879 Mai 22,5	1881,0	Ép.	202 1 0,2	111 34 20,1	8 7 41,0	7 0 50,5	4 1 2,4	730,276 7	0,457 081	Leman.........	Palisa.........	22 Avril 1879
196. Philomela .	1881 Sept. 25,0	1880,0	Ép.	202 12 46,6	270 15 50,0	73 28 20,6	7 17 30,0	0 28 27,7	645,182 9	0,493 362 7	Maywald.......	C.-H.-F. Peters....	14 Mai 1879
197. Arete....	1879 Juin 27,8	1880,0	Ép.	297 24 49,2	324 45 36,1	80 6 5,3	8 47 52,3	9 20 53,9	780,974 6	0,438 346	Lange.........	Palisa........	21 Mai 1879
198. Ampella ..	1882 Mars 14,0	1880,0	Ép.	182 26 38,3	354 46 20,1	268 44 40,1	9 19 43,3	13 5 48,4	919,877 7	0,395 651 0	Maywald.......	Borrelly........	13 Juin 1879
199. Byblis....	1879 Juill. 25,5	1880,0	Ép.	271 6 9,6	268 13 52,5	90 26 21,6	15 14 25,4	9 20 30,0	619,707 5	0,505 212	Leman.........	C.-H.-F. Peters....	9 Juill. 1879
200. Dynamene .	1881 Janv. 2,0	1880,0	Ép.	80 30 46,3	46 27 14,9	325 34 32,5	6 55 30,3	7 40 2,0	783,274 7	0,437 394 9	Groeben........	C.-H.-F. Peters....	27 Juill. 1879

NOM ET NUMÉRO.	ÉPOQUE, t. m. Berlin.	Équinoxe moyen de	Nature des éléments.	LONGITUDE moyenne.	LONGITUDE du périhélie.	LONGITUDE du nœud.	Inclinaison.	ANGLE dont le sinus est égal à l'excentricité.	Moyen mouvement diurne.	Logarithme du demi-grand axe.	CALCULATEUR.	AUTEUR de la découverte.	DATE de la découverte.
201. Penelope .	1879 Sept. 12,5	1880,0	Ép.	335° 6' 30",3	334° 36' 32",1	157° 3' 35",4	5° 43' 2",3	10° 27' 22",5	800",932	0,427 766	Richter.	Palisa	7 Août 1879
202. Chryseis . .	1881 Janv. 13,0	1880,0	Ép.	98 23 40,4	120 46 20,1	137 47 25,5	8 40 1,0	5 28 17,5	657,151 3	0,488 227 5	Kästner	C.-H.-F. Peters	11 Sept. 1879
203. Pompeja . .	1881 Janv. 27,5	1881,0	Ép.	121 10 53,0	43 24 10,5	348 37 57,7	3 12 46,3	3 24 34,4	782,781 3	0,437 577 5	Tietjen.	C. H.-F. Peters	25 Sept. 1879
204. Kallisto . . .	1880 Janv. 9,0	1880,0	Ép.	39 34 18,7	257 33 30,0	205 40 14,3	8 19 20,0	10 0 20,3	812,018 5	0,426 980 2	Palisa	Palisa	8 Oct. 1879
205. Martha . . .	1881 Janv. 22,3	1880,0	Ép.	127 30 15,3	21 54 12,7	212 12 18,9	10 39 23,9	1 30 47,1	766,691 9	0,443 590 5	Kästner	Palisa	13 Oct. 1879
206. Hersilia. . .	Les observations n'étaient pas suffisantes pour permettre le calcul des éléments.											C.-H.-F. Peters	13 Oct. 1879
207. Hedda. . . .	1881 Fév. 24,5	1880,0	Ép.	172 55 14,7	217 43 24,7	28 52 9,5	3 49 41,7	1 42 23,5	1027,394 3	0,358 854 7	Kästner	Palisa	17 Oct. 1879
208. Lacrymosa .	1879 Nov. 12,5	1879,0	Ép.	37 15 21,5	230 13 40,1	7 45 3,7	1 38 2,9	2 56 42,7	723,103	0,458 146	Zinn	Palisa	21 Oct. 1879
209. Dido	1882 Mars 9,5	1880,0	Ép.	173 40 35,1	257 32 30,3	2 0 15,5	7 15 0,6	3 30 4,1	636,584 7	0,497 423 0	?	C.-H.-F. Peters	22 Oct. 1879
210. Isabella. . .	1879 Déc. 11,5	1879,0	Ép.	53 30 52,4	36 42 17,1	32 46 34,9	5 12 2,4	7 40 20,8	780,022 7	0,438 599 6	Lange	Palisa	12 Nov. 1879
211.	1880 Avril 6,5	1880,0	Ép.	30 22 4,5	74 12 26,6	263 23 45,5	3 50 32,6	0 51 46,0	667,295 2	0,483 792 4	Palisa	Palisa	10 Déc. 1879
212	1880 Mars 13,5	1880,0	Ép.	144 50 30,1	62 21 48,2	314 57 22,7	4 40 31,9	5 26 9,5	644,837	0,493 660	Zinn	Palisa	6 Fév. 1880
213. Lilaea. . . .	1880 Mars 20,0	1880,0	Ép.	178 30 3,4	281 10 20,4	122 24 20,7	6 47 22,1	8 11 0,6	778,176 0	0,439 300 7	Leavenworth	C.-H.-F. Peters	16 Fév. 1880
214.	1881 Juill. 2,0	1880,0	Ép.	277 52 25,92	112 19 0,55	342 26 34,84	3 26 22,05	1 47 45,66	840,983 1	0,416 800 4	Lookout	Palisa	23 Fév. 1880
215 Oenone . . .	1880 Mai 12,5	1880,0	Ép.	216 50 9,6	235 30 52,8	23 28 57,3	1 43 5,5	1 56 30,2	770,220 2	0,442 257 4	Grooben	Knorre	7 Avril 1880
216.	1880 Juin 2,5	1880,0	Ép.	279 13 34,2	30 0 14,7	215 40 21,9	13 2 4,1	14 25 41,8	758,779 5	0,446 594	?	Palisa	10 Avril 1880
217. Eudora . . .	1880 Sept. 12,5	1880,0	Ép.	332 18 57,5	314 54 16,5	164 0 31,0	10 16 11,9	17 51 32,8	727,537	0,458 763	Callandreau	Coggia	30 Août 1880
218	1880 Nov. 25,5	1880,0	Ép.	202 24 5,6	236 30 27,6	171 0 12,6	15 14 42,4	6 33 57,0	813,060	0,426 376	Jesse.	Palisa	4 Sept. 1880
219.	1881 Janv. 4,5	1880,0	Ép.	30 31 46,2	340 33 30,7	200 45 2,1	10 46 45,1	12 50 2,9	962,202 5	0,371 846	Darmer.	Palisa	30 Sept. 1880
220.	1881 Mai 31,5	1881,0	Ép.	270 21 4,1	202 34 30,4	200 35 27,2	6 45 7,7	17 7 41,9	962,866 0	0,380 644	Lemon	Palisa	19 Mai 1881
221.	1882 Mars 12,5	1882,0	Ép.	140 22 44,1	200 54 47,2	142 47 52,8	11 45 42,5	0 8 22,5	682,319	0,477 346	Lange	Palisa	18 Janv. 1882
222.	1882 Mars 12,5	1882,0	Ép.	173 34 51,9	236 48 49,8	73 10 15,4	2 6 54,0	9 32 46,4	621,528	0,504 364	Lange	Palisa	9 Fév. 1882

Si l'on veut se tenir au courant des découvertes d'astéroïdes nouveaux, des observations des petites planètes et du calcul des orbites de ces corps, il faut recourir à la publication périodique suivante, dirigée par *Tietjen*, à Berlin :

2510. Circulare zum Berliner astronomischen Jahrbuch nebst Correspondenzen über Planeten Beobachtungen; 8° Berlin.

Cette publication paraît par numéros détachés, d'une demi-feuille ou de trois quarts de feuille. Le n° 1 a paru en 1873; à la fin de mars 1882, on est au n° 179.

Les perturbations de Mars peuvent fournir une limite à la masse totale du système des astéroïdes. *Le Verrier*, ayant examiné, dans ce but, les écarts des observations de cette planète par rapport aux tables, trouve que la masse de tous les astéroïdes réunis, qui peuvent exister entre les distances moyennes 2,20 et 3,16, n'atteint pas ¼ de la masse de la Terre (Paris, Crh, XXXVII, 1853, 797). Les excentricités ni les inclinaisons ne peuvent changer que dans d'étroites limites, et ont par conséquent été toujours assez différentes les unes des autres; les moyens mouvements des périhélies et des nœuds sont à peu près proportionnels au temps ; mais ces conditions de stabilité disparaissent en dedans de la distance au Soleil 2,00 (ibid., p. 968).

S'il y a une certaine permanence dans le système des astéroïdes, en revanche la grande variété des moyens mouvements ouvre le champ à de quasi-commensurabilités, qui donnent lieu à d'importantes perturbations périodiques.

Parmi les travaux qui signalent les plus remarquables de ces inégalités, il faut citer :

2511. Le Verrier, U. J. Détermination d'une grande inégalité du moyen mouvement de la planète Pallas. Paris, Crh, XX. 1845, 767.



2512. Le Verrier, U. J. ... Développement de la fonction perturbatrice relative à l'action de Jupiter sur Pallas; inégalité à longue période du mouvement de cette dernière planète. Paris, Mób, I, 1855, 331.

2513. Souchon, A. Sur une grande inégalité du moyen mouvement de la planète Concordia. JdM_2, VI, 1880, 357.

2514. Kirkwood, D. [Inégalités à longues périodes dans le mouvement de certains astéroïdes]. AJl, VI, 1861, 126, 144.

Il signale dix rapports approchés entre les moyens mouvements de certains astéroïdes et ceux de Mars ou de Jupiter.

Les astéroïdes sont loin d'avoir tous des tables. Nous allons indiquer les tables préparées jusqu'ici pour les mouvements de ces petits corps, ainsi que les travaux entrepris pour faciliter le calcul des perturbations de quelques-uns d'entre eux.

1 = Cérès.

2515. Gauss, C. F. Tafeln für die Störungen der Ceres. MCa, VII, 1803, 289.

2516. Damoiseau, M. C. T. de. Perturbations ... de Cérès. CdT, 1846, 32.

2517. Damoiseau, M. C. T. de. Mémoire sur les variations séculaires des éléments elliptiques de Pallas et de Cérès. Historia e memorias da Academia das sciencias de Lisboa, 4°, Lisboa; vol. III, part. I, 1812, p. 15.

2 = Pallas.

2518. Encke, J. F. Die Berechnung der Pallas Störungen. Berlin, Ber, 1855, 215.

2519. Serret, C. J. Mémoire sur les perturbations de Pallas. Paris, Crh, LXI, 1865, 21; LXII, 1866, 615.

Sur les perturbations séculaires de Pallas, voyez le mémoire de *de Damoiseau*, cité sous le n° 2517.

3 = Juno.

2520. Damoiseau, M. C. T. de. Perturbations de Junon ... CdT, 1846, 32.

4 = Vesta.

2521. Daussy, P. Tables de Vesta. CdT, 1820, 219.

2522. Encke, J. F. Ueber die Störungen der Vesta durch Jupiter, Saturn und Mars, berechnet von der Hrn. *Wolfers* und *Galle*. Berlin, Abh, 1840, 59.

2523. Leveau, G. Théorie du mouvement de Vesta. Paris, Mób, XV, 1880, A 1.

2524. Perrotin, J. Théorie de Vesta. Annales de l'Observatoire de Toulouse, 4°, Toulouse; vol. I, part. II, 1881, p. B1.

Les perturbations séculaires et périodiques.

7 = Iris.

2525. Brünnow, F. Tables of Iris; 4°, Dublin, 1869.

8 = Flora.

2526. Brünnow, F. Tafeln der Flora; 4°, Berlin, 1855.

9 = Metis.

2527. Lesser, O. L. Tafeln der Metis. Leipzig, Pub, II, 1865.

11 = Parthenope.

2528. Schubert, E. Tables of Parthenope; 4°, Washington, 1871.

12 = Victoria.

2529. Brünnow, F. Tables of Victoria computed with regard to the perturbations of Jupiter and Saturn; 4°, New York, 1859.

13 = Egeria.

2530. Hansen, P. A. Tafeln der Egeria mit Zugrundlegung der Störungen dieses Planeten; 4°, Leipzig, 1867.

15 = Eunomia.

2531. Schubert, E. Tables of Eunomia; 4°, Washington, 1866.

16 = Psyche.

2532. Schubert, E. Variations of the constants of Psyche by Jupiter from 1870 Jan. 0 up to 1900 Jan. 0. ANa, LXXV, 1870, 209.

18 = Melpomene.

2533. Schubert, E. Tables of Melpomene; 4°, Washington, 1860.

20 = Massalia.

2534. Schubert, E. Elements of Massalia, their variations by Jupiter, and table for the solution of Kepler's problem. ANn, LXXX, 1873, 257.

21 = Lutetia.

2535. Lesser, O. L. Tafeln der Lutetia; 4°, Altona, 1865.

23 = Thalia.

2536. Schubert, E. Elements of Thalia, their variations by Jupiter, and table for the solution of Kepler's problem. ANn, LXXVI, 1870, 97.

24 = Themis.

2537. Krüger, A. Om Themis-perturbationer genom Mars. Öfversigt af Finska Vetenskaps-Societetens Forhandlingar; vol. VIII, 8°, Helsingfors, 1866, p. 46.

29 = Amphitrite.

2538. Becker, E. Tafeln der Amphitrite. Leipzig, Pub, X, 1870.

31 = Euphrosyne.

2539. Schubert, E. Elements of Euphrosyne, their variations by Jupiter, and table for the solution of Kepler's problem. ANn, LXXVII, 1871, 1.

33 = Polyhymnia.

2540. Schubert, E. Elements of Polyhymnia, their variations by Jupiter, and table for the solution of Kepler's problem. ANn, LXXVII, 1871, 97.

35 = Leucothea.

2541. Schubert, E. Elements of Leucothea, their variations, and table for the solution of Kepler's problem. ANn, LXXVIII, 1872, 65.

36 = Atalante.

2542. Schubert, E. Elements of Atalante, their variations by Jupiter, and table for the solution of Kepler's problem. ANn, LXXVIII, 1872, 393.

37 = Fides.

2543. Schubert, E. Elements of Fides, their variations by Jupiter, and table for the solution of Kepler's problem. ANn, LXXIX, 1872, 369.

55 = Pandora.

2544. Möller, A. Allgemeine Störungen der Pandora. Stockholm, Hdl$_{2}$, IX, 1870, n° 5.

73 = Clytia.

2545. Oppenheim, H. Berechnung der allgemeinen Störungen des Planeten (73) Clytia durch Jupiter. ANn, XCVIII, 1881, 113.

§ 241. ORIGINE ET DISTRIBUTION.

Les astronomes se sont livrés à diverses spéculations sur l'origine des astéroïdes. Dès la découverte du n° 2 (Pallas), *Olbers* émit l'idée qu'on était en présence des fragments d'une planète brisée (BaJ, 1805, 108). Mais les découvertes ultérieures ont fait voir que les différentes orbites n'ont pas d'appulse commune. La question de l'origine des astéroïdes se lie, en effet, à celle de leur distribution actuelle. Les principales études à consulter sur ce double sujet sont les suivantes :

2546. Mauvais, V. Sur les intersections mutuelles des plans des orbites des petites planètes. Paris, Crh, XXII, 1846, 157.

2547. Gould, B. A. Untersuchungen über die gegenseitige Lage der Bahnen der zwischen Mars und Jupiter sich bewegenden Planeten; 4°, Göttingen, 1848.

Traduction.

On the orbits of the asteroids (par l'auteur). Dans AJ$_{B}$, VI, 1848, 28.

2548. Arrest, H. d'. Ueber das System der kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter; 4°, Leipzig, 1854.

2549. Jahn, G. A. Ueber die gegenseitige Lage der 24 kleinen zuerst entdeckten Planeten. ANn, XXXVIII, 1854, 81... — Reproduit : Unt, VIII, 1854, 377...

2550. Piana, J. Nota sulla probabile formazione della moltitudine di asteroidi che circolano intorno al Sole tra Marte e Giove. Il nuovo cimento, 8°, Pisa; t. III, 1856, p. 148.

2551. Piana, J. Nota sulla configurazione originaria degli anelli, la cui materia esiste attualmente nello spazio, trasformata in varii pianeti circolanti attorno al Sole tra Marte e Giove. Il nuovo cimento, 8°, Pisa; t. XIII, 1861, p. 146.

2552. Newcomb, S. Comparison of the actual and probable distribution in longitude of the nodes and perihelia of 105 small planets. ANa, LXXIII, 1869, 287.

2553. Flammarion, C. Petites planètes situées entre Mars et Jupiter.

Dans ses Études et lectures sur l'astronomie, 12°, Paris; t. VII, 1877, p. 157.

2554. Doberck, A. W. Concerning planetoid orbits. ANa, XCV, 1879, 81.

Sur la distribution des périhélies et des nœuds.

2555. Niesten, L. Les astéroïdes. Bruxelles, Ann, 1881, 226.

2556. Hornstein, C. Zur Kenntniss des Asteroiden-Systems. Wien, Sts, LXXXIV, 1881, 7.

§ 242 DIAMÈTRES.

On n'a jusqu'ici qu'un très-petit nombre de mesures des diamètres de quelques astéroïdes. Nous allons les rapporter, en prenant ces corps dans l'ordre numérique.

Afin d'établir l'uniformité, nous avons réduit toutes les mesures à la distance moyenne de la petite planète dont il est question au Soleil.

1 — Cérès.

1802. W. Herschel. (London, PTr, 1802, 215.) . . . . 0″,127

1805. Schroeter. (Lilienthalische Beobachtungen der Ceres, Pallas und Junon, 8°, Göttingen; p. 158.) 1,250

1850. Galle. (Berlin, Bec, I, 1850, 157.) 0,32

1866. Knott. (ARr, IV, 1867, 157.) 0,510

Les mesures des diamètres de Ceres, Pallas et Junon, au micromètre à projection, par *Huth* (BaJ, 1808, 258), donnent des résultats évidemment trop forts.

2 — Pallas.

1805. Schroeter. (Lilienthalische Beobachtungen, 8°, Göttingen; p. 225.) 1″,026

1807. W. Herschel. (London, PTr, 1807, 260.) 0,09

1857. Lamont. (ANa, XIV, 182.) 0,26

3 — Juno.

1805. Schroeter. (Lilienthalische Beobachtungen, 8°, Göttingen; p. 296.) 1″,144

4 — Vesta.

1816. Schroeter. (Hermographische Fragmente, 8°, Göttingen; p. 252.) 0″,315

1847. Mädler. (ANa, XXV, 492.) 0,272

1855. Secchi. (Cité : Nature, 4°, London, vol. XXII, 1880, 251.) . . . 0,426

1881. Tacchini. (ANa, XCVIII, 86.) 0,830

1881. Millosevich. (ANa, XCIX, 174). 0,597

7 — Iris.

1866. Talmage. (Nature, 4°, London, XXII, 1880, 231.). . . . . . . 0″,37

La discordance de ces nombres en montre assez l'incertitude.

En présence des difficultés extrêmes de mesurer des diamètres angulaires d'une pareille exiguïté, on a cherché à estimer les diamètres linéaires des astéroïdes, d'après leur éclat apparent. Si l'albedo de ces corps était uniforme et numériquement déterminé, cette marche serait applicable. Pour le moment, on est forcé de faire, sur ces différents points, des hypothèses plus au moins vraisemblables.

Nous parlerons tout à l'heure des déterminations expérimentales d'éclat; nous allons donner immédiatement les évaluations auxquelles différents astronomes ont été conduits, pour les diamètres linéaires.

Argelander s'est basé sur certaines considérations présentées par *Stampfer* (Wien, Sts, VII, 1851, 756), relativement à l'éclairement des planètes, et sur différentes estimations de leur éclat relatif. Il a formé de cette manière le tableau suivant (ANa, XLI, 1855, 340):

Diamètres en milles allemands.

1 = Ceres	40,6	14 = Irene	14,8
2 = Pallas	34,4	15 = Eunomia	25,5
3 = Juno	23,0	16 = Psyche	20,0
4 = Vesta	58,5	17 = Thetis	8,1
5 = Astraea	13,0	18 = Melpomene	11,5
6 = Hebe	21,5	19 = Fortuna	13,3
7 = Iris	21,5	23 = Thalia	9,0
8 = Flora	13,9	27 = Euterpe	8,7
9 = Metis	16,7	28 = Bellona	13,0
10 = Hygiea	25,5	29 = Amphitrite	18,0
11 = Parthenope	14,0	30 = Urania	11,3
12 = Victoria	11,5	31 = Euphrosyne	11,2
13 = Egeria	15,8	33 = Polyhymnia	8,2

Partant des rapports d'éclat entre les divers astéroïdes, et des diamètres angulaires de Ceres et de Pallas mesurés respectivement par *W. Herschel* et *Lamont*, *E. J. Stone* donne le tableau suivant (London MNt, XXVII, 1867, 302):

Diamètres en milles anglais.

1 = Ceres	196	37 = Fides	47
2 = Pallas	171	38 = Leda	49
3 = Juno	124	39 = Laetitia	90
4 = Vesta	214	40 = Harmonia	61
5 = Astraea	57	41 = Daphne	61
6 = Hebe	92	42 = Isis	30
7 = Iris	88	43 = Ariadne	33
8 = Flora	61	44 = Nysa	42
9 = Metis	76	45 = Eugenia	44
10 = Hygiea	103	46 = Hestia	25
11 = Parthenope	63	47 = Aglaja	43
12 = Victoria	51	48 = Doris	57
13 = Egeria	60	49 = Pales	61
14 = Irene	63	50 = Virginia	25
15 = Eunomia	92	51 = Nemausa	30
16 = Psyche	75	52 = Europa	72
17 = Thetis	59	53 = Calypso	29
18 = Melpomene	51	54 = Alexandra	40
19 = Fortuna	56	55 = Pandora	44
20 = Massalia	65	56 = Melete	29
21 = Lutetia	39	57 = Mnemosyne	63
22 = Calliope	78	58 = Concordia	31
23 = Thalia	47	59 = Elpis	36
24 = Themis	24	60 = Echo	17
25 = Phocaea	36	61 = Danae	38
26 = Proserpina	44	62 = Erato	40
27 = Euterpe	39	63 = Ausonia	40
28 = Bellona	65	64 = Angelina	44
29 = Amphitrite	83	65 = Cybele	63
30 = Urania	44	66 = Maja	18
31 = Euphrosyne	46	67 = Asia	23
32 = Pomona	42	68 = Leto	60
33 = Polyhymnia	36	69 = Hesperia	32
34 = Circe	29	70 = Panopaea	30
35 = Leukothea	31	71 = Niobe	46
36 = Atalante	16		

§ 243. ÉCLATS.

Bien que presque tous les astéroïdes soient télescopiques, Vesta, le plus brillant de tous, atteint cependant parfois la 6ᵉ magnitude, et *Heis* rapporte qu'il a été aperçu, à plusieurs reprises, à l'œil nu (WfA, VIII, 1865, 105; XVI, 1873, 216).

Les éclats, à distance égale, de onze astéroïdes, en fonction de l'éclat de Vesta pris pour unité ont été évalués comme suit par *J. Ferguson* (ANa, XXXIV, 1852, 158):

4 = Vesta	1,000	10 = Hygiea	0,859
5 = Astraea	0,411	11 = Parthenope	0,375
6 = Hebe	0,611	12 = Victoria	0,506
7 = Iris	0,625	13 = Egeria	0,469
8 = Flora	0,650	14 = Irene	0,458
9 = Metis	0,382	15 = Eunomia	0,662

Bruhns, en se basant sur les observations tant publiées qu'inédites d'*Argelander*, a formé la table suivante des éclats de différentes petites planètes, à l'opposition (ANa, XLIV, 1856, 238). Nous joignons, dans une dernière colonne, les chiffres correspondants donnés par *Pogson* (London, MNt, XVII, 1857, 12).

	Magnitude				Magnitude		
	Selon *Bruhns.*		Selon *Pogson.*		Selon *Bruhns.*		Selon *Pogson.*
1 = Ceres	entre 6,9	et 7,8	7,5	21 = Lutetia	entre 9,3	et 11,2	10,8
2 = Pallas	» 6,4	8,0	7,9	22 = Calliope	» 8,9	10,0	10,2
3 = Juno	» 7,0	9,9	8,7	23 = Thalia	» 9,1	11,9	10,7
4 = Vesta	» 5,9	7,0	6,4	24 = Themis	» 11,5	12,6	11,6
5 = Astraea	» 8,3	10,8	9,9	25 = Phocaea	» 9,6	12,0	10,7
6 = Hebe	» 7,0	9,4	8,5	26 = Proserpina	» 10,0	11,0	10,8
7 = Iris	» 7,0	9,6	8,5	27 = Euterpe	» 9,0	11,3	10,2
8 = Flora	» 7,8	9,8	8,7	28 = Bellona	» 9,4	11,1	10,3
9 = Metis	» 8,1	9,6	8,7	29 = Amphitrite	» 8,7	9,5	9,1
10 = Hygiea	» 9,0	10,1	9,8	30 = Urania	» 8,9	10,4	10,1
11 = Parthenope	» 8,9	10,0	9,0	31 = Euphrosyne	» 10,0	12,3	11,5
12 = Victoria	» 8,5	11,1	9,8	32 = Pomona	» 10,5	11,5	11,0
13 = Egeria	» 8,9	9,9	9,7	33 = Polyhymnia	» 9,0	12,9	11,3
14 = Irene	» 8,5	10,5	9,8	34 = Circe	» 11,0	12,1	11,6
15 = Eunomia	» 7,3	9,4	8,5	35 = Leukothea	» 11,1	13,5	»
16 = Psyche	» 8,8	10,3	10,0	36 = Atalante	» 10,4	13,9	12,5
17 = Thetis	» 9,1	10,6	9,9	37 = Fides	» 9,7	11,7	10,8
18 = Melpomene	» 7,8	10,3	9,4	38 = Leda	» 10,4	12,4	»
19 = Fortuna	» 8,5	10,3	9,5	39 = Laetitia	» 8,2	9,3	»
20 = Massalia	» 8,3	10,0	9,2				

La plupart des astéroïdes découverts postérieurement sont de moindre magnitude.

§ 244. CONSTITUTIONS PHYSIQUES.

On ne possède jusqu'ici que fort peu de notions sur la condition physique des astéroïdes. On pourra toutefois consulter :

2557. Herschel, W. Observations on the two lately discovered celestial bodies [Ceres and Pallas]. London, PTr, 1802, 213.

2558. Schroeter, J. H. Lilienthalische Beobachtungen der neu entdeckten Planeten Ceres, Pallas und Juno; 8°, Göttingen, 1805.

2559. Schroeter, J. H. Observations and measurements of the planet Vesta. London, PTr, 1807, 245.

2560. Herschel, W. Observations on the nature of the new celestial body [Vesta] discovered by Dr. *Olbers*. London, PTr, 1807, 260.